ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 MARS 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques, la prochaine séance aura lieu le mardi 29 mars.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'atmosphère des étoiles. Reconnaissance de la couche supérieure dans quelques étoiles et comparaison avec le Soleil.* Note de MM. **H. Deslandres** et **Burson**.

Dans une Note précédente du 21 février ([1]), nous avons signalé cinq étoiles dont le spectre montre bien distinctes les raies brillantes H_2 et K_2 du calcium, caractéristiques de la couche moyenne de l'atmosphère. Une seule de ces étoiles appartient au type G des étoiles solaires et peut être rapprochée immédiatement de notre Soleil. Ce dernier offre aussi les mêmes raies brillantes H_2 et K_2, mais moins brillantes par rapport au fond relativement sombre de la large raie noire K_1; et une dispersion notablement plus grande est nécessaire avec le Soleil.

Les quatre autres étoiles sont du type spectral, désigné par la lettre K, qui, dans l'évolution normale, succède au type solaire ([2]).

La dispersion employée dans cette recherche est faible (24^{mm} entre H_γ

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 405.

([2]) La lettre K désigne à la fois une raie noire du spectre solaire et un type particulier d'étoiles dans la classification d'Harvard. Pour éviter la confusion, la lettre sera précédée du mot *raie* dans le premier cas et du mot *type* dans le second.

de l'hydrogène et K du calcium avec le spectrographe à fente et 18^{mm} avec la chambre prismatique), et les raies brillantes H_2 et K_2 de la couche moyenne ont été vues simples. Nous avons ajouté qu'une dispersion plus forte les montrerait vraisemblablement doubles ainsi que dans le Soleil, avec, au milieu, la petite raie noire H_3 ou K_3 qui représente la couche supérieure.

Or, en poursuivant la recherche toujours avec la même dispersion et la même chambre prismatique, nous avons reconnu deux étoiles, ci-dessous désignées, qui ont montré nettement les raies noires centrales H_3 et K_3.

Noms des étoiles.	Type spectral.	Éclat.	Appareil employé.	Dates des épreuves.	Remarques sur les raies du calcium.
ε Gémeaux...	G_5	0,13	Ch. prism.	11 mars 1921	H_2 et K_2 brillantes et doubles, et au milieu H_3 et K_3.
α Orion.....	Ma	1,10	Id.	8, 9 et 10 mars 1921	H_3 et K_3 larges et bien visibles.

Le Tableau est disposé comme celui de la Note précédente.

L'étoile ε Gémeaux est la deuxième du type G, qui montre les raies brillantes H_2 et K_2 ; et elle est la première qui montre les raies H_3 et K_3 de la couche supérieure. Cette étoile présente donc les mêmes divisions spectrales que le Soleil, mais avec un appareil beaucoup moins puissant.

L'étoile α Orion est la première du type M qui offre le même phénomène, et l'on rappelle que les types G, K et M se suivent dans l'évolution normale. Les raies H_3 et K_3 sont particulièrement larges dans cette étoile, presque aussi larges que H_2 et K_2.

Les épreuves correspondantes de la petite chambre prismatique ont été agrandies de manière à avoir la même dispersion que les épreuves spectrales du Soleil avec le grand spectrohéliographe, épreuves qui montrent nettement séparées les raies H_2 et H_3, K_2 et K_3. Or la comparaison conduit à ce résultat que les raies H_3 et K_3 des étoiles ε Gémeaux et α Orion sont environ cinq fois plus larges que dans le Soleil. La couche supérieure de l'atmosphère dans ces étoiles a une densité plus forte ou une excitation électrique plus grande.

Cette Note est seulement préliminaire et les détails de la recherche seront exposés dans un Mémoire ultérieur.

MÉCANIQUE. — *Sur la détermination expérimentale du mouvement d'un solide quelconque.* Note de M. L. Lecornu.

Les Notes récentes de M. G. Lippmann (séance du 7 mars) et de M. Émile Picard (séance du 14 mars) m'ont conduit à rechercher quels renseignements un observateur placé sur une planète de forme et de composition quelconques pourrait, au moyen du gyroscope de Foucault, se procurer au sujet du mouvement de ce solide.

L'appareil permet de repérer plusieurs directions absolument fixes formant, par exemple, un trièdre trirectangle. Ceci fait, on est en mesure d'observer la rotation apparente de ce trièdre par rapport à des axes liés à la planète et d'en déduire, à toute époque, la direction de l'axe instantané de rotation. Dans la suite du temps, ledit axe paraît décrire un cône du second degré, dont les axes sont parallèles aux axes principaux d'inertie issus du centre de gravité de la planète. Ceux-ci se trouvent ainsi déterminés en direction. On en déduit, pour un instant quelconque, les rapports des composantes p, q, r de la rotation variable ω suivant les axes principaux. Si l'on possède d'autre part une horloge marchant uniformément (l'unité de temps restant arbitraire), on peut mesurer p, q, r et ω.

Il est même, théoriquement, possible d'obtenir davantage. Soient A, B, C les moments centraux d'inertie. Ayant p, q, r en fonction du temps, les équations connues du mouvement d'un solide libre autour de son centre de gravité fournissent, en l'absence supposée de couples dus à des actions extérieures, les rapports de A, B, C. Si l'on calcule ensuite les rapports des quantités Ap, Bq, Cr, on a les paramètres directeurs de l'axe du moment cinétique; le plan du maximum des aires, perpendiculaire à cet axe, se trouve du même coup déterminé en direction; une vérification expérimentale consisterait à s'assurer, au moyen du gyroscope, que l'orientation absolue de ce plan demeure invariable.

ÉLECTRICITÉ. — *Interprétation, par la cohésion diélectrique, d'une expérience célèbre de Sir J.-J. Thomson.* Note de M. E. Bouty.

En 1893, Sir J.-J. Thomson, excitant par induction la luminescence d'un gaz raréfié, avait cru pouvoir conclure de son expérience que les gaz raréfiés possèdent une conductivité moléculaire de nature électrolytique, compa-

rable à celle d'une dissolution d'acide sulfurique de conductivité maximum ([1]).

J'ai prouvé, en 1899, qu'à aucun degré de raréfaction les gaz ne possèdent la plus légère trace de conductivité. En effet, si, entre les armatures planes d'un condensateur à lame d'air, on introduit un récipient contenant un électrolyte même aussi mauvais conducteur que de l'eau distillée, de l'alcool absolu ou tout autre diélectrique liquide *pur du commerce*, on observe un accroissement de capacité du condensateur qui peut atteindre par exemple 50 pour 100, quelque faible que soit la différence de potentiel des plateaux. Dans les mêmes conditions une ampoule à gaz raréfié ne produit rien, quel que soit le degré de raréfaction.

Si toutefois on augmente progressivement l'intensité du champ, à partir d'un certain *champ critique*, la charge ou la décharge du condensateur provoque soudainement la luminescence du gaz, et l'on observe l'accroissement de capacité, manifestant que le gaz est devenu conducteur. Cette conductivité ne préexistait pas. Elle est l'effet d'une action électromotrice suffisante pour vaincre la *cohésion diélectrique* du gaz et produire, aux dépens de ses molécules, des ions gazeux de signe contraire ([2]).

Comment convient-il maintenant d'interpréter l'expérience si ingénieuse de J.-J. Thomson? Il nous faut recourir aux lois de la cohésion diélectrique que j'ai établies par une quinzaine d'années de recherches, de 1899 à 1914 ([3]).

Opérant toujours sur des colonnes gazeuses cylindriques, dont l'axe est dans la direction du champ électrostatique et comprises entre deux parois planes, diélectriques ou conductrices, j'ai trouvé qu'au moins pour des colonnes de hauteur e suffisante, à la pression p et à la température T, la force électromotrice minimum E, à établir entre les deux extrémités de la colonne pour des pressions supérieures à celle qui correspond au minimum de E, tend asympotiquement vers une limite représentée par la formule binome

$$E = A\left(\frac{pe}{T}\right) + B, \qquad A = aT_0, \tag{1}$$

([1]) J.-J. Thomson, *Recent researches in Electricity and Magnetism*, 1893, p. 92 et suiv.

([2]) E. Bouty, *Les gaz raréfiés sont-ils des électrolytes?* (*Comptes rendus*, t. 139, 1899, p. 152).

([3]) Mes expériences sur la cohésion diélectrique ont fait l'objet d'un grand nombre de Notes aux *Comptes rendus* et de Mémoires plus développés, insérés dans le *Journal de Physique*, les *Annales de Chimie et de Physique*, etc.

dont le premier terme est proportionnel à une constante spécifique du gaz, sa *cohésion diélectrique a*, et à la masse du gaz en expérience ou, si l'on veut, au nombre de molécules intéressées par l'effluve; le terme constant B peut *a priori* dépendre de la nature des parois, et révèle un effet de surface, superposé à l'effet de masse.

L'emploi d'une force électromotrice d'induction, dans l'expérience de J.-J. Thomson, permet de supprimer la discontinuité introduite par les parois, et d'observer ainsi un phénomène plus pur (anneau luminescent uniforme). L'effet de masse du gaz subsiste seul. Le second terme de la formule (1) doit disparaître. Si l'on adopte alors l'idée d'une conductivité préexistante du gaz, on est amené à lui assigner une conductivité moléculaire bien déterminée, comme l'a fait Thomson.

J'avais dès longtemps projeté de reprendre l'expérience de J.-J. Thomson en la simplifiant. Le récipient à gaz aurait reçu la forme d'un tore; j'aurais remplacé la décharge oscillante de la bouteille de Leyde, par une décharge continue. La force électromotrice inductive aurait été fournie par ma batterie de petits accumulateurs, et la spirale ou bobine plate inductrice aurait été placée autour du tore, dans son plan moyen. Le tore avait été soufflé dès 1900; mais depuis lors je n'ai jamais pu trouver le temps de monter l'expérience projetée et de réaliser les mesures comparatives que j'avais en vue. Je serais heureux que quelque jeune physicien voulût bien exécuter ce travail sous ma direction. J'ai tout lieu de croire que l'interprétation intuitive de l'expérience de J.-J. Thomson, telle que je viens de l'exposer, serait confirmée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénations catalytiques sur le cuivre.*

Note (¹) de MM. **Paul Sabatier** et **Bennosuke Kubota**.

L'un de nous a indiqué antérieurement dans une série de travaux publiés avec M. Senderens (1900 à 1905), puis avec M. Mailhe (1909), que le cuivre peut être substitué au nickel comme catalyseur dans un certain nombre d'hydrogénations directes, telles que celles des dérivés nitrés, des nitriles et des carbylamines, de divers composés éthyléniques ou acétyléniques, ainsi que des aldéhydes ou acétones forméniques (²).

(¹) Séance du 14 mars 1921.

(²) P. Sabatier, *La catalyse en Chimie organique*, 2ᵉ édition, p. 190-196.

Son utilisation n'ayant pas été établie dans un assez grand nombre de cas, nous avons pensé qu'il serait utile de compléter l'étude de cet emploi, et nous avons l'honneur, dans la présente Note, d'exposer quelques résultats relatifs à des matières organiques possédant des résidus carbonyles, aldéhydes et acétones aromatiques, quinone, anhydride phtalique.

Nous avons dans tous les cas employé le cuivre violacé léger, préparé en réduisant très lentement par l'hydrogène au voisinage de 200° l'hydrate noir *tétracuivrique*.

Aldéhyde benzoïque. — On sait que l'hydrogénation directe réalisée sur le nickel entre 210° et 250° fournit, non de l'alcool benzylique, mais seulement du toluène et du benzène, partiellement hydrogénés eux-mêmes en méthylcyclohexane et cyclohexane ([1]).

Pratiquée sur le cuivre, l'hydrogénation n'a lieu que lentement au-dessus de 350°, la réaction principale étant :

$$C^6H^5.CO.H + H^2 \rightarrow C^6H^6 + CO + H^2$$

accompagnée dans une certaine mesure de la réaction :

$$C^6H^5.CO.H + 2H^2 \rightarrow H^2O + C^6H^5.CH^3.$$

On condense un mélange de toluène et de benzène, ce dernier représentant plus de la moitié.

Contrairement à ce qui se passe avec le nickel, l'oxyde de carbone libéré n'est pas transformé en *méthane*, mais subsiste tout entier.

On serait tenté d'attribuer la réaction dominante à un dédoublement pur et simple de l'aldéhyde benzoïque au contact du métal, sans intervention active de l'hydrogène, selon un mécanisme très manifeste avec le nickel seul ([2]) :

$$C^6H^5.CO.H \rightarrow CO + C^6H^6.$$

Mais nous avons vérifié qu'à la même température, l'opération réalisée sans hydrogène ne donne lieu qu'à une séparation tout à fait négligeable de benzène : la présence d'hydrogène dans le système est certainement efficace.

Acétones aromatiques. — On sait que l'hydrogénation des acétones aromatiques, réalisée rapidement sur un nickel d'activité réduite, ou au-dessus de 250° sur un nickel quelconque, se borne à y remplacer l'oxygène acétonique par H^2 et conduit à l'hydrocarbure ([3]). Il en est de même au-dessus

---

([1]) P. SABATIER et SENDERENS, *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 301.

([2]) P. SABATIER et SENDERENS, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 4, 1905, p. 474.

([3]) DARZENS, *Comptes rendus*, t. 139, 1904, p. 868.

de 300° pour les acétones diaryliques (¹). Dans les deux cas, un nickel actif et sain, agissant à température plus basse, transforme en outre les hydrocarbures aryliques en hydrocarbures cyclohexaniques.

L'un de nous a déjà indiqué avec M. Murat que la *benzophénone*, $C^6H^5.CO.C^6H^5$, hydrogénée sur le cuivre vers 350°, se change régulièrement en *diphénylméthane* $C^6H^5.CH^2.C^6H^5$ (²).

Nous avons opéré sur l'acétophénone, l'éthylphénylcétone, et sur une dione, la benzoylpropanone.

L'*acétophénone*, $C^6H^5.CO.CH^3$, soumise à l'hydrogénation directe sur le cuivre à 350°, est transformée *lentement*, mais régulièrement et sans complications en *éthylbenzène* bouillant à 135° :

$$C^6H^5.CO.CH^3 + 2H^2 \rightarrow H^2O + C^6H^5.CH^2.CH^3.$$

Un résultat analogue est obtenu avec l'*éthylphénylcétone* $C^6H^5.CO.C^2H^5$, qui est changée lentement en propylbenzène $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^3$ bouillant à 158°. La réaction est semblable à celle que fournit le nickel à 300°, mais n'a lieu que plus lentement.

La *benzoylpropanone*, $C^6H^5.CO.CH^2.CO.CH^3$, hydrogénée par l'un de nous avec M. Mailhe, sur le nickel à 200°, a fourni principalement du *butylbenzène*. Mais cette formation est accompagnée d'une certaine scission en deux tronçons, $C^6H^5.CO$ et $CH^2.CO.CH^3$, qui, s'hydrogénant chacun pour son propre compte, donnent respectivement du *toluène* et de la propanone, transformée elle-même en *alcool propylique* (³).

Les résultats sont différents avec le cuivre à 350°. La benzoylpropanone (qui fond à 60° et bout à 261°) est totalement détruite, et l'on recueille une proportion très importante d'*acétophénone*, en beaux cristaux blancs, fondant à 20°, bouillant à 200°. Elle est accompagnée d'aldéhyde et d'alcool éthyliques, et d'un peu d'eau et d'éthylbenzène. La réaction principale est :

$$C^6H^5.CO.CH^2.CO.CH^3 + H^2 \rightarrow C^6H^5.CO.CH^3 + H.CO.CH^3.$$

L'acétophénone formée est légèrement hydrogénée avec formation d'eau et d'éthylbenzène ; l'éthanal est partiellement changé en alcool.

Benzoquinone. — L'hydrogénation des vapeurs de benzoquinone, $C^6H^4O^2$, réalisée sur le cuivre à 300°, conduit presque exclusivement à

(¹) P. SABATIER et MURAT, *Ann. Chim.*, 9e série, t. 4, 1915, p. 263.
(²) P. SABATIER et MURAT, *Comptes rendus*, t. **158**, 1914, p. 761.
(³) P. SABATIER et MAILHE, *Comptes rendus*, t. **145**, 1907, p. 1126.

l'*hydroquinone*, $C^6H^4(OH)^2$, en cristaux blancs fondant à 169°, très solubles dans l'eau, et dont la solution traitée par le chlorure ferrique fournit de la quinhydrone en aiguilles brillantes vert foncé. La seule complication est la production d'un peu d'eau et de phénol.

Anhydride phtalique, $C^6H^4\langle{}^{CO}_{CO}\rangle O$. — On sait que l'hydrogénation sur le nickel à 200° le transforme quantitativement en *phtalide*

$$C^6H^4\langle{}^{CO}_{CH^2}\rangle O \quad (^1).$$

Réalisée sur le cuivre à 350°, l'hydrogénation fournit tout d'abord une scission avec production de benzène et d'oxyde de carbone, selon la formule :

$$C^6H^4\langle{}^{CO}_{CO}\rangle O + 2H^2 \rightarrow 2CO + C^6H^6 + H^2O.$$

Mais elle ne tarde pas à fournir un produit solide, très peu soluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau chaude, d'où il cristallise en aiguilles blanches fondant à 74° : c'est le *phtalide*, qui réduit aisément le permanganate de potassium. La réaction principale qui le fournit est accompagnée d'une réaction accessoire :

$$C^6H^4\langle{}^{CO}_{CO}\rangle O + 3H^2 \rightarrow C^6H^5.CH^3 + CO + 2H^2O,$$

qui donne de l'eau et du toluène, et dégage une certaine dose d'oxyde de carbone, facile à caractériser dans les gaz issus de l'appareil.

M. **Quénu** présente un Volume de M. **Auguste Broca**, intitulé : *Chirurgie de guerre et d'après-guerre*.

Dès le début de la guerre, l'Institut de France a pensé qu'il ne suffisait pas que chacun de ses membres apportât à la Défense nationale toute son activité et toute sa science, mais qu'il devait un témoignage direct de sa sollicitude et de sa reconnaissance aux soldats blessés en défendant la Patrie. De ce noble sentiment est né l'hôpital de l'Institut, l'hôpital auxiliaire 265, installé dans l'Hôtel de Thiers, place Saint-Georges, et dont le professeur **Auguste Broca** fut nommé chirurgien.

Le Livre que je présente aujourd'hui a été écrit par M. Broca à l'aide de

(1) Godchot, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 1, 1907, p. 243.

documents puisés dans trois services hospitaliers; l'hôpital 265 entre dans ce compte pour 841 blessés de guerre. L'Ouvrage a pu être édité, grâce à une libérale subvention de l'Institut, il est doublement juste qu'hommage en soit fait par M. Broca à l'Institut tout entier.

La plupart des blessures de guerre sont décrites dans le Livre de M. Broca, au moins à la période où il lui était possible de les observer; 545 figures illustrent le texte.

L'Ouvrage comprend deux Parties principales : l'une de chirurgie de guerre proprement dite, l'autre de chirurgie d'après-guerre. Celle-ci est peut-être la plus originale et l'on y retrouve à chaque pas la spéciale compétence de l'auteur en orthopédie. Deux grands Chapitres, parmi les sequelles des blessures de guerre sont particulièrement développés : les troubles articulaires d'origine mécanique et l'ostéomyélite traumatique prolongée. Les premiers ne comprennent pas seulement les lésions articulaires proprement dites, mais toutes les altérations périarticulaires des parties molles, peau, tissu cellulaire et muscles, et encore celles des diaphyses osseuses voisines. L'ostéomyélite traumatique prolongée a fait le désespoir des chirurgiens, elle a été la cause de ces fistules interminables et de ces complications infectieuses tardives que nous avons tous observées à la fin de la guerre. Une bonne étude anatomoclinique en est donnée par M. Broca avec de nombreuses radiographies, à l'exécution desquelles notre confrère M. Hamy n'a pas été étranger.

Les thérapeutiques préventive et curative y sont bien étudiées.

Le Volume se termine par des conseils aux experts des centres de réforme et par l'exposé des principes qui doivent régir la prothèse des amputés et la rééducation des mutilés.

L'intérêt du Livre de M. Broca est grand, parce qu'il a pu, grâce à l'évacuation de ses blessés sur des filiales, les suivre ou les retrouver à la période tardive; il est grand surtout parce que c'est un Livre vécu dont les nombreux documents pourront servir plus tard à ceux qui, peut-être, hélas! auront encore à soigner des blessés de guerre.

M. E. Roux fait hommage à l'Académie, au nom de Mme Olga Metchnikoff, d'un Ouvrage intitulé : *Vie d'Élie Metchnikoff* (1845-1916).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

Conseil international de recherches : union géodésique et géophysique internationale : section d'océanographie physique. *Bulletin* n° 1. (Présenté par S. A. S. le prince de Monaco.)

Hôpital de l'Institut de France. *Chirurgie de guerre et d'après-guerre*, par Auguste Broca. (Présenté par M. Quénu.)

Détermination des positions géographiques par les méthodes des hauteurs égales, par F.-J. Duarte.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Deux conséquences de l'équation aux dérivées fonctionnelles qu'on tire de la représentation conforme.* Note de M. **Gaston Julia.**

1. $Z = f_A(z)$ étant la fonction analytique qui fournit la représentation conforme de C, courbe fermée analytique, sur le cercle trigonométrique Γ, on a

$$\log f_A(B) = -[g(A, B) + i\gamma(A, B)],$$

$\gamma(A, B)$ étant une fonction harmonique de B, conjuguée de $g(A, B)$, relativement à B.

J'ai donné précédemment [1] l'équation qui définit la variation de $\log f_A(B)$ lorsque le contour C varie. On peut en tirer une équation intéressante pour la variation de $\gamma(A, B)$ qui est, au signe près, l'argument de $f_A(B)$. Il suffit de partir de

$$(1) \qquad \delta \log f_A(B) = -\frac{1}{2\pi}\int_C \frac{f_A(B) + f_A(z)}{f_A(B) - f_A(z)} |f'_A(z)|^2 \,\delta n \, ds,$$

en observant que

$$\frac{dg(A, M)}{dn_M} = -\frac{d\gamma(A, M)}{ds_M} = |f'_A(z)|.$$

Donc

$$\delta\gamma(A, B) = \frac{1}{2\pi}\int_C \left[\frac{d\gamma(A, M)}{ds_M}\right]^2 \mathfrak{I}\left(\frac{b+Z}{b-Z}\right) \delta n \, ds$$

$$= -\frac{1}{\pi}\int_C \left[\frac{d\gamma(A, M)}{ds_M}\right]^2 \mathfrak{I}\left(\frac{Z}{Z-b}\right) \delta n \, ds.$$

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 568.

Dans le plan Z, si l'on désigne par ϖ l'angle $\widehat{OZb}$, par α l'angle $\widehat{bZb_1}$ $\left[b_1 = \frac{1}{b_0}\right]$,

$$\delta\left(\frac{Z}{Z-b}\right) = -\frac{\sin\varpi}{|z-b|} = -\frac{\sin\alpha}{|b_1 - b|} = \frac{-\sin\alpha}{2\,\mathrm{sh}[g(A, B)]},$$

puisque $|b| = \frac{1}{|b_1|} = e^{-g(A, B)}$.

D'autre part, α s'introduit facilement dans $f_B(z) = Z_1 = \frac{Z-b}{Z-b_1}\,\frac{1}{|b|}$ *si l'on convient que $f_B(A)$ soit réel et positif*, c'est-à-dire $\gamma(B, A) = 0$.

Alors, en effet,

$$\gamma(B, M) = \arg\frac{Z-b_1}{Z-b} = \alpha,$$

et l'on a finalement

$$(2) \qquad \delta\gamma(A, B) = \frac{1}{2\pi\,\mathrm{sh}[g(A, B)]}\int_C \left[\frac{d\gamma(A, M)}{ds}\right]^2 \sin[\gamma(B, M)]\,\delta n\,ds.$$

2. Mais on peut en outre, de l'équation (1), tirer une solution remarquable de l'équation

$$(3) \qquad \delta\Phi(U, V) = \int_C \Phi(U, M)\,\Phi(M, V)\,\delta n\,ds,$$

donnée par M. Hadamard. On introduit une fonction auxiliaire $\zeta = f_\Omega(z)$, Ω point intérieur à C, distinct de A et B :

$$\alpha = f_\Omega(A), \qquad \beta = f_\Omega(B);$$

$$Z = \frac{\zeta - \alpha}{\alpha_0\zeta - 1}\,e^{i\theta} \qquad (\theta \text{ constante réelle convenable}).$$

Alors

$$\begin{aligned}\delta\log f_A(B) &= \frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{\delta Z\,dZ}{Z^2} - \frac{1}{\pi i}\int_\Gamma \frac{\delta Z\,dZ}{Z(Z-b)}\\ &= -\frac{1}{\pi i}\left\{\int_\Gamma [\delta\log(\zeta-\alpha) - \delta\log(\alpha_0\zeta - 1)]\right.\\ &\qquad\qquad \left.\times[d\log(\zeta-\beta) - d\log(\alpha_0\zeta-1)]\right\}\\ &\qquad + \text{une fonction ne dépendant pas de B.}\end{aligned}$$

Cette fonction c'est $\frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{\delta Z\,dZ}{Z^2}$.

Différentiant les deux membres qui sont *analytiques en* B, il vient

$$\begin{aligned}(4) \quad \delta\frac{d}{dB}\log f_A(B) &= \delta\frac{d}{dB}\left[\log\frac{\beta-\alpha}{\alpha_0\beta-1}\right]\\ &= -\frac{1}{\pi i}\int_\Gamma [\delta\log(\zeta-\alpha) - \delta\log(\alpha_0\zeta-1)]\,d\left[\frac{d}{dB}\log(\zeta-\beta)\right].\end{aligned}$$

$\log f_A(B) = \log(\beta - \alpha) - \log(\alpha_0\beta - 1) + i\theta$ *n'est pas une fonction analytique du point* A, c'est la somme d'une fonction analytique de A $[\log(\beta-\alpha)]$ et d'une fonction analytique *de* A_0, conjugué de A, $[-\log(\alpha_0\beta - 1)]$.

En différentiant (4) *par rapport à l'affixe* A_0 (qui, avec l'affixe A, fournit les *deux coordonnées isotropes* de A), on a, en revenant à C,

$$-\delta \frac{d^2}{dA_0\, dB}\log(\alpha_0\beta - 1) = +\frac{1}{\pi i}\int_C \frac{d^2}{dA_0\, dz}\log(\alpha_0\zeta - 1)\frac{d^2}{dz\, dB}\log(\zeta - \beta)\,\delta z\, dz.$$

Sur C on a $\zeta = \frac{1}{\zeta_0}$, ζ_0 conjugué de C, et $\frac{d\zeta_0}{dz_0} = -\frac{1}{\zeta^2}\frac{d\zeta}{dz}\frac{dz}{dz_0}$;

$$\frac{dz_0}{dz}\,\delta z\, dz = i\,\delta n\, ds$$

et

$$\frac{d^2}{dz\, dB}\log(\zeta - \beta) = -\frac{d^2}{dz_0\, dB}\log(\zeta_0\beta - 1)\frac{dz_0}{dz},$$

ce qui donne

$$(5)\qquad \delta\frac{d^2}{dA_0\, dB}\log(\alpha_0\beta - 1) = -\frac{1}{\pi}\int_C \frac{d^2}{dA_0\, dz}\log(\alpha_0\zeta - 1)\frac{d^2}{dz_0\, dB}\log(\zeta_0\beta - 1)\,\delta n\, ds.$$

Par conséquent,

$$(6)\qquad \Phi(A_0, B) = -\frac{1}{\pi}\frac{d^2\log(\alpha_0\beta - 1)}{dA_0\, dB} = -\frac{1}{\pi}\frac{d^2\log f_A(B)}{dA_0\, dB},$$

fonction analytique de A_0 *et* B, vérifie l'équation (3):

$$\delta\,\Phi(A_0, B) = \int_c \Phi(A_0, M)\,\Phi(M_0, B)\,\delta n\, ds.$$

Il en est de même de

$$\Phi(A, B_0) = -\frac{1}{\pi}\frac{d^2\log(\alpha\beta_0 - 1)}{dA\, dB_0} = -\frac{1}{\pi}\frac{d^2\log f_A^0(B_0)}{dA\, dB_0},$$

$f_A^0(B_0)$ conjuguée de $f_A(B)$. Ce sont de vraies solutions de (3). Et si l'on remarque que

$$g(A, B) = -\frac{1}{2}\left[\log\frac{\beta - \alpha}{\alpha_0\beta - 1} + \log\frac{\beta_0 - \alpha_0}{\alpha\beta_0 - 1}\right],$$

on vérifie aisément que, en désignant par x, y les coordonnées cartésiennes de A par x', y' celle de B, on a

$$2\frac{d^2}{dA_0\, dB}\log(\alpha_0\beta - 1) = \left(\frac{\partial}{\partial x} + i\frac{\partial}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial}{\partial x'} - i\frac{\partial}{\partial y'}\right) g(A, B)$$

et

$$2\frac{d^2}{dA\, dB_0}\log(\alpha\beta_0 - 1) = \left(\frac{\partial}{\partial x} - i\frac{\partial}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial}{\partial x'} + i\frac{\partial}{\partial y'}\right) g(A, B)$$

et l'on voit que $\Phi(A, B_0)$ et $\Phi(A_0, B)$ sont les deux solutions

$$-\frac{1}{2\pi}\left(\frac{\partial}{\partial x}\pm i\frac{\partial}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial}{\partial y'}\pm i\frac{\partial}{\partial y'}\right)g(A, B)$$

que M. Hadamard a données récemment pour l'équation (3).

Si, au lieu de différentier (4) par rapport à A_0, on différentie par rapport à A, on obtient une équation nouvelle, quoique très analogue à (3).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros des fonctions entières d'ordre infini*. Note de M. G. **Valiron**.

Je me propose de démontrer une propriété générale des zéros des fonctions entières d'ordre infini, en relation avec le théorème de M. Picard, qui se déduit facilement de propriétés connues. Je me réfèrerai souvent au livre de M. Blumenthal, *Principes de la théorie des fonctions entières d'ordre infini*, que je désignerai par B.

$f(z)$ étant une fonction holomorphe dans un cercle de rayon 1, $M(r)$ son module maximum pour $|z| = r$, posons :

$$\log M(r) = V(X), \qquad X = \frac{1}{1-r},$$

$V(X)$ est une fonction croissante continue définie pour $X > 1$, si elle ne reste pas inférieure à X^p (p fini), $f(z)$ est dit *d'ordre infini*. Je me placerai dans ce cas. On peut alors définir l'ordre $\mu(X)$ en appliquant à la fonction $e^{V(X)}$ les raisonnements que l'on fait dans le cas d'une fonction entière (B., p. 43); on aura

$$V(X) \leq X^{\mu(X)}, \qquad V(X) > X^{\mu(X)^{1-\delta}},$$

la première inégalité ayant lieu quel que soit X, la seconde pour des X indéfiniment croissants (δ tend vers zéro) et $\mu(X)$ étant une fonction type.

Le théorème de M. Jensen montre que $n(r) = N(X)$ étant le nombre des zéros de $f(z)$ pour $|z| \leq r$, on a

$$\int_0^r \frac{n(x)}{x}\,dx = \int_1^X \frac{N(x)}{x(x-1)}\,dx < V(X) - K < X^{\mu(X)^{1+\delta}},$$

d'où

$$N(X)\frac{X'-X}{X'^2} < X'^{\mu(X')^{1+\delta}},$$

et, en prenant $X' = X + \frac{1}{\mu(X)}$ et tenant compte de la croissance typique,

$$N(X) < X^{\mu(X)^{1+\delta}}$$

[dans le cas de l'ordre fini, $\mu(X) = \rho$, on trouve seulement $N(X) < X^{1+\rho+\delta}$].

Soient $a_n = r_n e^{i\varphi_n}$ le zéro de rang n, $b_n = e^{i\varphi_n}$, et $\rho(X)$ l'exposant de convergence de la suite des nombres $X_n = \frac{1}{1-r_n}$, le produit infini de M. Picard (*Traité d'Analyse*, 2e édition, t. 2, p. 150, et *Comptes rendus*, t. 92, 1881, p. 690-692).

$$P(z) = \prod_1^\infty E\left(\frac{a_n - b_n}{z - b_n}, p_n\right) \qquad \left[E(u, p) = (1-u)\, e^{u + \ldots + \frac{u^p}{p}}\right],$$

où l'on prend pour p_n la partie entière de $\rho(X_n)^{1+2\varepsilon}$, est convergent. Le logarithme du module du facteur de rang n est moindre que $\left(\frac{X}{X_n}\right)^{p_n}$; on a donc sans nouveaux calculs (B., p. 55, 60)

$$\log |P(z)| < X^{\rho(X)^{1+\delta}}.$$

Pour le minimum de $|P(z)|$, le calcul de M. Blumenthal peut être simplifié, N étant le nombre défini par l'égalité (8B) (B., p. 55), on voit que

$$\log |P(z)| > -X^{\rho(X)^{1+\delta}} + \sum_1^N \log \left|\frac{z - a_n}{z - b_n}\right|,$$

donc, d étant la plus petite des différences $|X - X_n|$, on a

$$\log |P(z)| > (1 - \log d) X^{\rho(X)^{1+\delta}}$$

[ces inégalités sont vraies même si $\rho(X) = \rho =$ const.]. Les inégalités entre le module de la fonction et celui, $M_1(r)$, de la dérivée subsistent aussi, l'inégalité (1) (B., p. 90) donne ici

$$M_1(r) = e^{V_1(X)} < \frac{X'^4}{(X' - X)^2} e^{V(X')}.$$

L'ordre de la dérivée est donc le même que celui de la fonction; même conclusion pour la partie réelle $A(r) = e^{W(X)}$, l'égalité (6) page 93 donnant

$$e^{V(X)} < 3 \frac{X'^2}{X' - X} e^{W(X')}.$$

Les conclusions que l'on tire de ces diverses propositions subsistent donc sans modification : une fonction $f(z)$ d'ordre $\mu(X)$ est de la forme

$$f(z) = e^{g(z)} P(z),$$

chaque facteur du second membre étant d'ordre $\mu(X)$ au plus, et si l'ordre

$\rho(X)$ de $P(z)$ est moindre que μ (c'est-à-dire si $\rho^{1+\gamma} < \mu$, $\gamma > 0$), le premier facteur est d'ordre $\mu(X)$; le minimum d'une fonction d'ordre μ vérifie la même inégalité que celui d'un produit canonique; le produit d'une fonction f d'ordre μ par une fonction f_1 d'ordre μ_1 moindre que μ est d'ordre μ. Dans cette dernière proposition, on doit faire intervenir la relation entre $A(r)$ et $M(r)$ dans le cas de l'ordre μ_1 fini, cette relation est moins précise que dans le cas de l'ordre infini, mais il n'en résulte pas d'inconvénient.

La démonstration du théorème de M. Picard par la méthode de M. Borel (*Acta math.*, t. 20) reste donc valable pour une fonction $f(z)$ d'ordre infini : *l'exposant de convergence ρ des zéros de $f(z) - a$ ne peut être constamment inférieur à l'ordre μ que pour une seule valeur a.*

Une transformation simple donne de suite le résultat que j'avais en vue. Soient $F(Z)$ une fonction entière d'ordre infini $\mu(R)$ et α un nombre quelconque compris entre 0 et 2π. K étant un nombre fixe et très grand, il existe au moins un angle d'ouverture $\frac{\alpha}{K}$ dans lequel $F(Z)$ est encore d'ordre $\mu(R)$ (j'entends par là que le logarithme du maximum du module dans le secteur angulaire intérieur au cercle $|Z| \leqq R$ est égal à $R^{\mu(R)^{1-\delta}}$ en une suite de points allant à l'infini); supposons qu'un tel angle ait pour bissectrice l'axe réel positif et posons

$$F(Z) = f(z), \qquad Z = (1-z)^{-\frac{\alpha}{\pi}},$$

$f(z)$ sera holomorphe dans le cercle $|z| \leqq 1$ et d'ordre au moins égal à $\mu\left(\frac{X^{\frac{\alpha}{\pi}}}{K_1}\right)$, K_1 étant un nombre fixe supérieur à 1, mais aussi proche de 1 que l'on veut pourvu que K soit assez grand. L'ordre des zéros de $f(z) - a$ ne pourra donc être inférieur à cet ordre que pour une seule valeur a, et en passant de nouveau à la fonction $F(Z)$ on obtient ce complément au théorème de Picard-Borel :

$F(Z)$ *étant d'ordre infini* $\mu(R)$, *il existe au moins un angle d'ouverture donnée α tel que l'ordre des zéros des fonctions* $F(Z) - a$ *qui sont intérieurs à cet angle ne puisse être inférieur à* $\mu\left(\frac{1}{K_1}R\right)$ *que pour une seule valeur a.*

Il faut observer que, lorsque la croissance de $\mu(R)$ ne présente pas de grosses irrégularités et lorsque $\mu(R) < R^p$, p étant fixe, on a

$$\mu\left(\frac{R}{K_1}\right) = \mu(R)^{1+\delta},$$

le résultat obtenu dans l'angle α est le même que celui donné par M. Borel

dans tout le plan. Pour les croissances plus rapides, cela n'est plus vrai si l'on se borne au résultat énoncé, mais il n'est pas douteux que la propriété subsiste.

On peut remplacer l'angle α par un domaine limité par des spirales égales et il est clair que l'on a en même temps des renseignements sur les zéros des fonctions qui ne sont holomorphes que dans un tel domaine. Dans le cas de l'ordre fini, le résultat fourni par la méthode précédente n'est pas satisfaisant.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Procédé d'évaporation, de concentration et de dessiccation de toutes substances organiques ou minérales.* Note de MM. **A. Sartory**, **L. Scheffler**, **P. Pellissier** et **C. Vaucher**, présentée par M. L. Guignard.

Le principe sur lequel repose le procédé dont il s'agit est le suivant :

Soumettre les substances à traiter à un courant d'air privé d'humidité et porté à une température voisine de zéro, et en tout cas incapable de provoquer une altération quelconque des éléments constituant ces substances.

Nous l'avons réalisé en faisant circuler un fluide gazeux (le plus souvent l'air) en circuit fermé, dans un appareil spécial dont le dessin est donné ci-contre.

Cet appareil, ou étuve, se compose d'un long couloir *a* où circule le fluide gazeux desséchant (air) et à l'intérieur duquel est disposé un arbre *c* animé d'un mouvement de rotation et sur lequel sont montées des claies *f*, en treillis métallique destinées à recevoir les matières à traiter. Le mouvement de rotation de ces claies à l'intérieur du courant d'air desséchant assure le contact régulier, complet et continu de l'air avec toutes les surfaces des claies où sont disposées les substances à traiter.

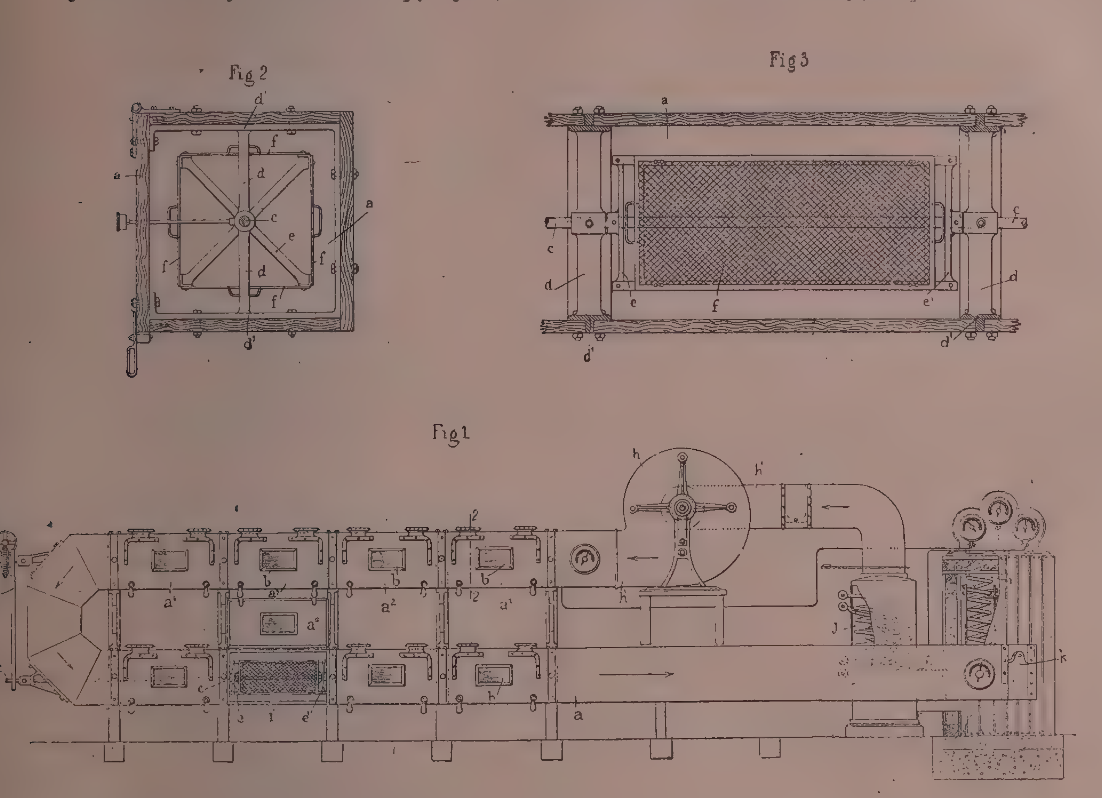
Lorsqu'il s'agit de matières fluides, les claies peuvent à volonté demeurer fixes.

Le courant d'air est obtenu à l'aide d'un ventilateur puissant (h) dont la *buse* h' de refoulement aura la même section que le tube constituant l'enveloppe extérieure de l'étuve, et dont l'orifice d'aspiration h^2 sera en communication avec un appareil destiné à fournir l'air sec.

Le courant d'air engendré par le ventilateur travaille donc en circuit fermé et de la façon suivante :

Dans une première chambre (l) où est disposé un réseau frigorifique, l'air se

refroidit à une température T_0, aussi basse que possible, et acquiert un état hygrométrique ou de saturation de vapeur d'eau correspondant à cette température T_0. Il passe ensuite, par le conduit approprié, dans une deuxième chambre (*j*) où il se



réchauffe au contact de serpentins de circulation de vapeur. L'air acquiert ainsi la température T supérieure à T_0 convenablement choisie pour les matières à traiter, tout en gardant à cette température T l'état hygrométrique de l'air à T_0. Cet air quitte la deuxième chambre *j* pour être mis en circulation par le ventilateur (*h*) dans le tube *a a' a''* ... contenant les matières à dessécher et peut ainsi se charger d'une quantité de vapeur d'eau correspondant à la différence de l'état de saturation entre T_0 et T.

Le procédé ci-dessus exposé étant réalisé, on peut régler le fonctionnement de l'appareil suivant les substances à traiter. A titre d'exemple, nous choisissons le cas suivant :

1° Enlever à 15^{kg} de viande fraîche son eau de constitution, soit 80 pour 100 de son poids, à une température qui ne puisse altérer la nature du produit.

2° L'appareil fournissant 10 heures de travail effectif, doit pouvoir traiter 3 fois la quantité sus-énoncée.

3° La température optima pour assurer la conservation d'un produit organique tel que la viande est de + 5°.

Le problème revient à calculer : 1° la quantité d'air qu'il convient de faire circuler et 2° le nombre de calories négatives et positives qu'il sera nécessaire de produire.

L'appareil travaille sur un réseau frigorifique amenant l'air à — 8°, puis le même air privé de son humidité, est réchauffé à + 5°. Dans ces conditions le calcul, vérifié par l'expérience, conduit aux résultats suivants :

1° Le courant d'air doit mobiliser 1300^{m^3} d'air à l'heure, soit $21^{m^3},5$ par minute;

2° Le frigorifère doit produire en chiffres ronds 9000 frigories-heures;

3° La surface de chauffe doit produire 5000 calories-heures.

En résumé, cet exemple concret permet de concevoir d'une façon précise le fonctionnement de l'appareil.

Nous avons déjà réalisé avec ledit appareil le desséchement de nombreuses substances d'origine animale ou végétale.

Nous montrerons, dans des Communications ultérieures, que notre procédé n'altère en rien les qualités d'ordres divers qui appartiennent aux différentes substances traitées.

PHYSIQUE. — *Sur le modèle d'atome de Bohr et les spectres corpusculaires* [1]. Note de MM. **Maurice** et **Louis de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

Le modèle d'atome de Bohr, dont le succès pour l'explication des spectres lumineux a été si remarquable, comporte une charge centrale positive autour de laquelle gravitent des électrons sur certaines trajectoires stables qui ont reçu les noms d'anneaux K, L, M, etc. en allant du centre vers la périphérie. Pour extraire un électron d'un de ces anneaux il faut lui fournir une énergie W_K, W_L, etc., et si ce travail est emprunté à un rayonnement périodique, la théorie des quanta exige que le produit $h\nu$ de la constante de Planck par la fréquence ν de ce rayonnement soit au moins égal à W_K, W_L.

Il n'est pas sans intérêt d'examiner d'un peu plus près ce à quoi l'on doit s'attendre, au point de vue des vitesses des électrons extraits, si l'on admet

[1] Voir *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 274 et 527.

que l'absorption d'énergie à la radiation se fait par quanta $h\nu$ et que l'on doive, pour obtenir la vitesse de l'électron à la sortie de l'atome, retrancher le travail d'extraction correspondant à l'anneau intéressé.

Une radiation de fréquence ν, assez élevée, par exemple, pour que son quantum soit supérieur au travail d'extraction à partir de l'anneau K d'un radiateur qu'elle vient atteindre, pourra donner des électrons K, L, M,... possédant à la sortie de l'atome des énergies $h(\nu-\nu_K)$, $h(\nu-\nu_L)$, $h(\nu-\nu_M)$, ...

Si l'on recueille le spectre corpusculaire des vitesses des électrons émis, on devra trouver une ligne correspondant à chacune de ces énergies.

Dans le cas où le radiateur serait frappé par un spectre continu de rayons ayant une limite supérieure de fréquences ν, les lignes précédentes deviendraient des bandes à bord net du côté des grandes vitesses corpusculaires.

Le radiateur émet aussi ses rayons X de fluorescence K, L, M et ces rayons correspondront à l'expulsion d'électrons L, M, N,... possédant le quantum des rayons de fluorescence, diminué de l'énergie W_L, W_M nécessaire à la sortie de l'atome.

Si le radiateur est enveloppé d'un écran mince d'un autre corps dont les anneaux de Bohr soient K', L', M', les radiateurs de fluorescence du premier radiateur exciteront les radiations corpusculaires du second et l'on aurait ainsi (pour la raie α par exemple) des électrons ayant les énergies $h\nu_{\alpha K}-W_{K'}$, $h\nu_{\alpha K}-W_{L'}$, etc. Ces termes correctifs pouvant être plus grands ou plus petits que ceux qui correspondraient au premier radiateur seul, suivant la position mutuelle des deux radiateurs dans la série de Mendéléeff; les raies du spectre corpusculaire ainsi observé paraîtront donc en avance ou en retard par rapport à leur position quand le premier radiateur est excité.

Dans quelle mesure l'expérience justifie-t-elle ces prévisions?

Les expériences et les mesures que l'un de nous poursuit actuellement sur les spectres magnétiques corpusculaires mettent en évidence des raies qui correspondent aux raies K de fluorescence des corps illuminés; quantitativement, il semble bien que leur quantum corresponde à celui des rayons de fluorescence, moins le travail de sortie W_L conformément à ce qui vient d'être exposé.

Les considérations précédentes feraient également prévoir des raies décalées de l'énergie W_M; or, comme précisément la différence des fréquences des raies α et β est égale à $W_L - W_M$, cela donnerait deux nouvelles raies dont la première coïnciderait avec la seconde du système précédent,

soit en tout trois raies distinctes; en se reportant à une Communication précédente [1] on voit que cela peut interpréter les apparences observées.

Il y a en plus des bandes à bords nets du côté des grandes vitesses corpusculaires, leurs arêtes paraissent liées au quantum des raies contenues dans la radiation excitatrice (raies K du tungstène ou du platine) avec une correction de l'ordre de grandeur des énergies W_K ou W_L des anneaux de Bohr des radiateurs employés; mais ce phénomène a encore besoin d'être étudié et l'on ne s'explique pas bien en particulier pourquoi ce sont des bandes et non des raies; jusqu'à présent nous n'avons pas obtenu de raies corpusculaires isolées correspondant aux raies du faisceau de rayons X excitateur.

Enfin des expériences avec un radiateur A recouvert d'un radiateur A′ donnent bien des raies correspondant aux deux radiateurs (Kang Fu Hu avait déjà obtenu un résultat analogue pour l'argent et l'étain); la comparaison de la position des raies correspondant au radiateur A, couvert ou non du radiateur A′, est difficile parce que les raies deviennent très faibles et diffuses et demande encore des recherches; mais elle a semblé, conformément aux vues précédentes, pouvoir fournir des raies qui sont tantôt en avance, tantôt en retard sur celles du radiateur A seul.

On ne peut affirmer que ces deux derniers points soient définitivement élucidés, mais nous avons voulu signaler les conséquences qui paraissent rationnellement se déduire de l'atome de Bohr, ainsi que l'état actuel de la comparaison entre l'expérience et la théorie sur ces points à la fois délicats et importants.

THERMODYNAMIQUE. — *Étude énergétique d'un système de courants. Conditions de stabilité de l'équilibre.* Note de M. **Félix Michaud**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une récente Communication [2], nous avons étudié le premier groupe d'équations auquel conduit la théorie énergétique d'un système de courants. Nous allons aborder aujourd'hui l'étude du second groupe, et nous terminerons par l'examen des conditions de stabilité de l'équilibre.

1. Les équations différentielles du second groupe renferment des dérivées qui contiennent chacune les deux facteurs d'un même terme de l'énergie.

---

[1] *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 527.

[2] *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 586.

Rappelons que les dérivées du premier groupe étaient, au contraire, prises *en croix*, c'est-à-dire en combinant les facteurs de deux termes de l'énergie.

J'ai proposé d'appeler ces nouvelles équations : *équations du théorème de Reech généralisé*, parce qu'elles se réduisent à la formule classique de Reech dans le cas très particulier d'un système thermo-élastique constitué par un gaz. Leur nombre est très considérable; il est égal à $(n-1).2^n$, n étant le nombre des *extensités* variables du système. Des règles mnémoniques simples permettent heureusement de les écrire aisément et sans calcul ([1]).

Lorsqu'on applique ces règles au cas d'un système de courants, on trouve un ensemble d'équations, pour la plupart nouvelles, et dont je me bornerai à présenter seulement les principales.

Considérons d'abord le cas de deux circuits fixes, plongés dans un milieu maintenu à température et pression constantes. Conservons les notations utilisées dans la Note précédente. On obtient l'équation

$$\left(\frac{\partial \Phi_1}{\partial i_1}\right)_{\Phi_2}\left(\frac{\partial \Phi_2}{\partial i_2}\right)_{i_1}=\left(\frac{\partial \Phi_2}{\partial i_2}\right)_{\Phi_1}\left(\frac{\partial \Phi_1}{\partial i_1}\right)_{i_2},$$

$\left(\frac{\partial \Phi_1}{\partial i_1}\right)_{i_2}$ et $\left(\frac{\partial \Phi_2}{\partial i_2}\right)_{i_1}$ sont les coefficients de self-induction des deux circuits. On voit que leur rapport est égal au rapport des coefficients de variations de flux pris, pour chaque circuit, en maintenant constant le flux qui traverse l'autre circuit.

Prenons maintenant un seul circuit, placé dans un milieu de volume constant ou sous une pression constante; nous aurons

$$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial i}\right)_{s}\left(\frac{\partial s}{\partial \mathrm{T}}\right)_{i}=\left(\frac{\partial s}{\partial \mathrm{T}}\right)_{\Phi}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial i}\right)_{\mathrm{T}}.$$

On en déduit que le rapport des capacités calorifiques à courant constant et à flux constant est égal au rapport des coefficients de self-induction isothermique et isentropique.

Considérons enfin un circuit fixe, parcouru par un courant constant, en présence d'un circuit ayant un degré de liberté, parcouru par un courant variable; le tout placé dans un milieu maintenu à température et pression constantes. On aura l'équation

$$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial i}\right)_{\mathrm{X}}\left(\frac{\partial \mathrm{X}}{\partial x}\right)_{i}=\left(\frac{\partial \mathrm{X}}{\partial x}\right)_{\Phi}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial i}\right)_{x},$$

([1]) *Énergétique générale*, p. 116 et 153.

$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial i}\right)_x$ et $\left(\frac{\partial \Phi}{\partial i}\right)_X$ sont les coefficients de self-induction du second circuit lorsqu'on laisse ce circuit fixe et lorsqu'on le déplace de telle sorte que, malgré la variation du courant, la force qui s'exerce entre les deux circuits reste constante. Le rapport de ces deux coefficients est égal au rapport des deux coefficients de variation de la force en fonction de la distance lorsqu'on laisse le courant constant et lorsqu'on le fait varier de manière à maintenir constant le flux qui traverse le circuit mobile.

2. Les conditions de stabilité de l'équilibre sont données par les dérivées partielles qui figurent dans les équations précédentes, prises en laissant constants les facteurs d'intensité de tous les autres termes de l'énergie. Ces dérivées sont toujours de même signe; elles sont positives quand l'équilibre est stable, négatives quand l'équilibre est instable ([1]); enfin quand l'équilibre est indifférent, elles s'annulent ou deviennent infinies suivant que le facteur d'intensité figure au numérateur ou au dénominateur.

Ainsi, par exemple, dans le cas de deux circuits mobiles plongés dans un fluide homogène, les dérivées partielles

$$\left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_{P, i_1, i_2, X, X', \ldots}, \qquad \left(\frac{\partial \Phi_1}{\partial i_1}\right)_{P, T, i_2, X, X', \ldots}, \qquad \left(\frac{\partial \Phi_2}{\partial i_2}\right)_{P, T, i_1, X, X', \ldots}$$

sont toujours de même signe et deviennent simultanément infinies : la capacité calorifique et les coefficients de self-induction *à facteurs d'intensités constants*, c'est-à-dire, en particulier, en laissant constantes les forces qui s'exercent entre les circuits, sont positifs quand l'équilibre est stable, négatifs quand l'équilibre est instable et infinis pour l'équilibre indifférent.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Actions mutuelles (apparentes) d'aimants et courants plongés dans un liquide magnétique.* Note de M. H. CHIPART, présentée par M. L. Lecornu.

Donnons quelques applications de la règle énoncée dans une précédente Note ([2]). Pour fixer les idées nous supposerons *paramagnétique* ($\mu > 1$) le liquide dans lequel sont plongés les aimants et courants.

I. *Actions mutuelles de conducteurs non magnétiques parcourus par des courants et plongés dans un liquide magnétique de perméabilité* μ.

([1]) *Loc. cit.*, p. 191.

([2]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 589.

Ces actions sont μ fois plus grandes que celles qui s'exerceraient entre conducteurs diamagnétiques placés dans le vide, parcourus par les mêmes courants, ces nouveaux conducteurs ayant tous même perméabilité $\frac{1}{\mu}$.

A la limite, lorsque les dimensions transversales des conducteurs U', U'', ... tendent vers zéro, l'influence des propriétés qu'il faut attribuer aux nouveaux conducteurs U'_1, U''_1, ... s'évanouit, en sorte qu'on parvient à cet énoncé donné jadis par Maxwell dans un cas particulier ([1]).

Les actions mutuelles de courants linéaires varient proportionnellement à la perméabilité du liquide dans lequel ils sont plongés.

Le même énoncé s'applique aux nappes de courant, étant sous-entendu que les deux côtés de la nappe sont baignés par le liquide.

II. *Actions mutuelles d'aimants permanents plongés dans un liquide magnétique de perméabilité* μ.

Ces actions sont μ fois plus grandes que celles qui s'exerceront entre *aimants diamagnétiques* U'_1, U''_1, ... placés dans le vide, ces nouveaux aimants possédant à la fois une aimantation permanente $\frac{1}{\mu}J'$ et une aimantation induite $\left(\frac{1}{\mu}-1\right)\frac{\mathcal{H}'}{4\pi} = -\frac{\varkappa}{\mu}\mathcal{H}'$.

A la limite, lorsque l'une au moins des trois dimensions de l'aimant tend vers zéro, l'influence des aimants placés à son voisinage s'évanouit : à chaque aimant U' appartenant au système S on pourra faire correspondre dans le système S_μ un aimant U'_1 dont on calculera la distribution en imaginant qu'on ait supprimé tous les autres corps U'', U''', ... L'aimant U'_1 ainsi défini, et dont on peut dorénavant supposer que l'aimantation a été rendue permanente, s'appellera l'*homologue* de l'aimant U'. Une définition analogue s'appliquerait à un corps aimanté parcouru par des courants permanents. Nous obtenons en définitive cette loi asymptotique :

Lorsque l'une au moins des dimensions de chacun des aimants permanents U', U'', ..., *plongés dans le liquide magnétique de perméabilité* μ, *tend vers zéro, les actions mutuelles de ces aimants deviennent* μ *fois plus grandes que celles qui s'exerceraient entre leurs homologues* U'_1, U''_1, ..., *placés dans le vide.*

Formons les équations que doivent vérifier les composantes de l'aimantation $J_1(x, y, z)$ de l'homologue U'_1 d'un aimant permanent donné U'. Désignant par $J(x, y, z)$ l'aimantation permanente de U', le vecteur J_1

([1]) MAXWELL, *On physical Lines of Force.*

devra satisfaire à l'équation vectorielle (1) :

$$\text{(1)} \qquad \mu J_1 = J - \varkappa \mathcal{H},$$

$\mathcal{H}$ désignant le champ magnétique créé par cette aimantation $J_1(x, y, z)$, c'est-à-dire le vecteur

$$\text{(1')} \qquad \mathcal{H}(x, y, z) = -\text{gradient} \int_{U'} \left(J'_{1x} \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial x'} + J'_{1y} \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial y'} + J'_{1z} \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial z'} \right) d\varpi'.$$

Pour l'*ellipsoïde uniformément aimanté*, la détermination de l'aimant homologue se rattache au problème classique de Poisson : aimantation par influence d'un ellipsoïde placé dans un champ uniforme. Rapportons l'ellipsoïde U' à ses trois axes, de longueurs $2a$, $2b$, $2c$, et désignons par A, B, C les constantes positives qui figurent dans l'identité (2), vérifiée en tout point (x, y, z) intérieur à l'ellipsoïde U' :

$$\text{(2)} \qquad \int_{U'} \frac{d\varpi'}{r} + \frac{1}{2}(A x^2 + B y^2 + C z^2) = \text{const.},$$

la solution du système (1), (1') sera contenue dans les formules (3) :

$$\text{(3)} \qquad (\mu - \varkappa A) J_{1x} = J_x, \qquad (\mu - \varkappa B) J_{1y} = J_y, \qquad (\mu - \varkappa C) J_{1z} = J_z.$$

Tout ellipsoïde uniformément aimanté admet donc comme homologue un ellipsoïde uniformément aimanté.

Pour l'ellipsoïde uniformément aimanté suivant un de ses axes (Ox par exemple), nous insisterons sur deux cas asymptotiques qui méritent d'attirer plus particulièrement l'attention :

Premier cas asymptotique : aiguille aimantée. — Longueur a finie, section πbc infiniment petite.

Le gradient de $\int_{U'} \frac{d\varpi'}{r}$ devenant infiniment petit en même temps que le volume U', on a

$$\text{(4)} \qquad A a = 0, \qquad \text{d'où} \qquad J_1 = \frac{1}{\mu} J.$$

Deuxième cas asymptotique : feuillet magnétique. — Longueurs b et c finies, longueur a infiniment petite.

On a $Bb = Cc = 0$, d'où, en utilisant l'équation de Poisson $A + B + C = 4\pi$:

$$\text{(5)} \qquad A = 4\pi, \qquad J_1 = J;$$

résultat applicable à un feuillet quelconque : en tout point intérieur à un tel feuillet on a $\mathcal{H} = -4\pi J_1$; l'équation (1) se réduit donc à $J_1 = J$.

Les formules (4) et (5) entraînent les lois suivantes :

1° *Les actions mutuelles de deux aiguilles aimantées sont inversement proportionnelles à la perméabilité* μ *du liquide dans lequel elles sont plongées.*

Cet énoncé est également dû à Maxwell ([1]).

Dans ce cas particulier, la loi fictive $F = \frac{1}{\mu} \frac{mm'}{r^2}$ fréquemment invoquée par les physiciens fournit un résultat exact. Cette loi se trouve complètement en défaut dans les exemples suivants :

2° *Les actions mutuelles de deux feuillets magnétiques sont proportionnelles à* μ.

3° *L'action d'un feuillet sur une aiguille aimantée est indépendante de* μ.

Dans ces deux derniers énoncés on peut remplacer les feuillets par des courants linéaires ou par des nappes de courants.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le mécanisme des échanges d'énergie dans le passage électrochimique d'un atome à l'état d'ion.* Note ([2]) de M. **René Audubert**, présentée par M. Paul Janet.

Un calcul exposé dans une précédente Note ([3]) montre que l'on peut déterminer le quantum élémentaire d'énergie intervenant dans la vaporisation, en considérant le travail nécessaire pour vaporiser une molécule comme effectué contre les forces de cohésion, et en l'exprimant par une variation d'énergie superficielle. On peut arriver à des résultats intéressants en examinant du même point de vue les phénomènes qui se produisent dans la dissolution d'une électrode dans la solution d'un de ses sels. On peut imaginer que le travail nécessaire pour produire cette transformation se compose de deux termes : un terme ϖ relatif au travail nécessaire pour arracher un atome à la surface de l'électrode, et un terme ϖ' relatif au travail mis en jeu dans le passage de cet atome à l'état d'ion. Si l'on considère la transformation d'un atome-gramme de l'électrode, le principe de conservation de l'énergie se traduit par l'équation

$$\varepsilon Q n = N\varpi + N\varpi',$$

dans laquelle ε représente la tension de dissolution de l'électrode, Q un faraday, n la valence de l'ion considéré et N la constante d'Avogadro. Le travail d'ionisation $N\varpi'$ peut être exprimé par la relation $N\varpi' = Jq$, J étant l'équivalent mécanique de la calorie et q la chaleur d'ionisation d'un atome-

([1]) Maxwell, *On Physical Lines of Force.*

([2]) Séance du 14 mars 1921.

([3]) *Comptes rendus,* t. 172, 1921, p. 375.

gramme de l'élément considéré. On a donc, en définitive,

$$\varepsilon Q n = N \varpi + J q.$$

Dans cette équation le terme Jq doit être précédé du signe + ou — suivant que le passage de l'atome à l'état d'ion se fait avec absorption ou dégagement de chaleur. Mais l'énergie d'arrachement $N\varpi$ peut être calculée, comme cela a déjà été montré, en partant de la chaleur de vaporisation. Le principe de conservation de l'énergie appliqué à la vaporisation donne, en effet, en appelant L la chaleur latente d'une molécule-gramme :

$$JL = N \varpi + RT.$$

Les chaleurs de vaporisation de quelques métaux ont été déterminées par A. Wehnelt et Musceleanu [1]. Les énergies d'arrachement ainsi calculées correspondent aux températures d'ébullition, mais on peut par extrapolation effectuer la correction de température en utilisant les coefficients de température des tensions superficielles des métaux [2].

On peut alors calculer ε au moyen de l'équation

$$\varepsilon Q n = N \varpi + J q.$$

On trouve, ainsi que le montre le Tableau suivant, des valeurs concordant en signes et en valeurs absolues à celles que fournit l'expérience, excepté pour le cadmium et l'hydrogène :

Métaux.	Chaleur de vaporisation par gramme.	ε (calculé) en volts.	ε (observé).
Mg	1700	+1,08	+1,20
Cd	181	très petite	+0,14
Zn	366	+0,30	+0,46
Bi	161,5	—1,00	—0,67
Hg	63,5	—0,77	—0,93
H	»	très petite	—0,277

Le même résultat peut être appliqué aux anions et le calcul conduit encore à des résultats satisfaisants.

	ε (calculé).	ε (observé).
Br	+1,10	+1,27
I	+0,54	+0,79
O	+1,43	+1,39

(1) *Tables annuelles des constantes et données numériques*, vol. 3, 1912.
(2) H. Freundlich, *Kapillarchemie*.

En tenant compte des considérations exprimées précédemment, le travail d'arrachement met en jeu de l'énergie d'une manière discontinue par éléments de 11×10^{-6} T erg. Le travail d'ionisation Jq correspond à un échange discontinu par fractions de $h\nu$ (¹), h étant la constante de Planck et ν la fréquence du rayonnement actif; mais en utilisant la relation $\lambda_M T = 0,3$, on obtient comme quantum $6,55 \times 10^{-16}$ T erg.

Il est donc naturel de penser que des phénomènes en apparence différents comme la dissolution, la sublimation et le passage électrochimique d'un atome à l'état d'ion sont semblables au point de vue énergétique; ils se produisent tous par processus énergétique discontinu correspondant à un quantum voisin de 18×10^{-16} T erg.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Retrait au séchage des kaolins et des argiles.* Note (²) de M. **A. Bigot**, présentée par M. Haller.

Th. Schlœsing (³) a démontré que les kaolins et les argiles renferment des proportions variables de particules colloïdales qui se gonflent au contact de l'eau, reprennent au séchage leur volume normal en se contractant et forment une sorte de réseau dur et serré autour des autres particules inertes qui les accompagnent.

Nous avons mesuré les retraits linéaires et les pertes d'eau pendant le séchage de diverses matières : kaolins, argiles, bauxites, silices d'infusoires, etc. A cet effet, on se sert de moules en plâtre, ou de moules métalliques dont les dimensions intérieures permettent de fabriquer des éprouvettes de $100^{mm} \times 30^{mm} \times 30^{mm}$. Les matières à étudier, réduites en poudre fine, additionnées d'eau en proportion convenable, sont transformées soit en pâte molle, soit en pâte ferme, soit en poudre humide; ce sont les trois états sous lesquels on façonne les matières premières dans l'industrie céramique.

Les éprouvettes en pâte molle sont exécutées à la main dans les moules en plâtre; on les retire dès que le moulage est achevé; les éprouvettes en pâte ferme ou en poudre humide sont faites dans les moules métalliques, à des pressions variables.

(¹) J. Perrin, *Lumière et Matière* (*Ann. de Phys.*, janvier-février, 1919, p. 33).

(²) Séance du 14 mars 1921.

(³) *Comptes rendus*, t. 78, 1874, p. 1468.

Au sortir des moules, les pièces sont pesées et mesurées, on les fait sécher lentement en contrôlant fréquemment leur longueur et leur poids; celles qui ont été pressées en poudre humide perdent du poids et ne prennent pas de retrait. Les autres perdent du poids et prennent d'abord du retrait, puis le retrait cesse avant que la pièce ne soit sèche.

Dans les pâtes molles et dans les pâtes fermes, une partie de l'eau a servi à gonfler les colloïdes, elle disparaît pendant le retrait; c'est l'eau *colloïdale*, l'autre partie remplit les vides qui existent entre les particules, c'est l'eau *interposée*; l'évaporation de l'eau colloïdale doit être menée lentement, pour éviter les gerçures; dès que le retrait cesse, on peut faire sécher rapidement les pièces.

Le quartz, le talc, le feldspath, etc., en poudre fine, et agglomérés en pâte molle, ne prennent pas de retrait au séchage, et tombent en poussière; ils n'ont pas de plasticité colloïdale.

Les kaolins, les argiles, les bauxites, etc., façonnés en pâte molle, prennent du retrait et durcissent au séchage; ils ont alors la plasticité colloïdale. Mais cette plasticité ne se développe qu'en présence de l'eau; si le façonnage est fait avec du pétrole, les éprouvettes en kaolin, argile, bauxite, etc. ne prennent pas de retrait au séchage.

Dans la présente Note, la description des expériences est limitée à celles qui ont été faites en pâte molle avec :

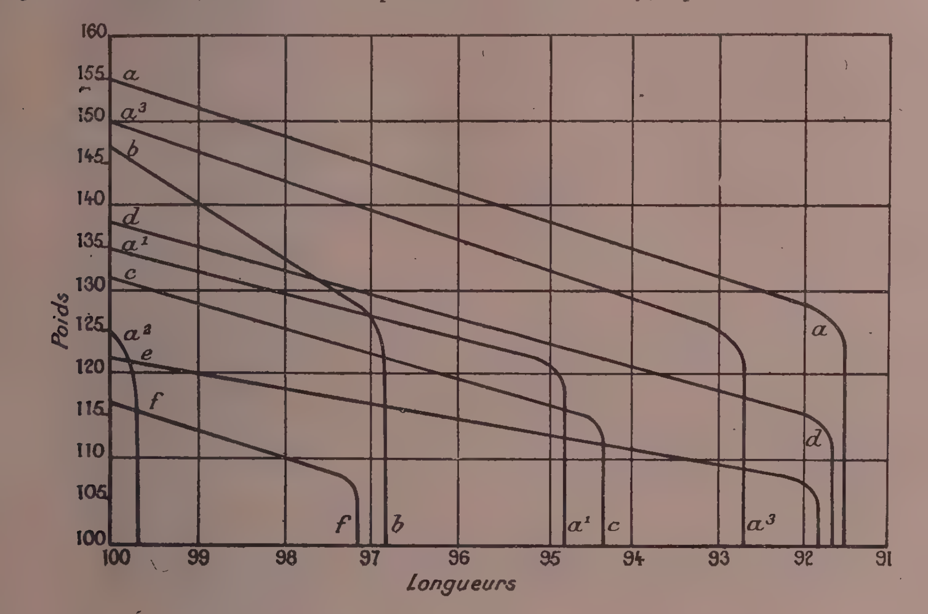
a. Le kaolin des Eyzies (Dordogne);
b. Le kaolin de Plémet (Côtes-du-Nord);
c. L'argile blanche de Saint-Aignan (Loir-et-Cher);
d. L'argile de Ransbach (Westervald);
e. L'argile rouge du Tronquay (Calvados);
f. Un sable argileux du Tronquay.

Nous y avons joint les essais suivants, faits avec le kaolin des Eyzies, en faisant varier la température et la pression :

a^3. Kaolin des Eyzies en pâte molle à 50°;
a^1. Kaolin des Eyzies en pâte ferme à la pression de 170^{kg} par centimètre carré;
a^2. Kaolin des Eyzies en pâte ferme à la pression de 370^{kg} par centimètre carré.

Les courbes ci-jointes représentent les retraits linéaires et les pertes d'eau pendant le séchage à l'air libre, que l'on termine à 110°. Les chiffres ont été établis en ramenant à 100 le poids des éprouvettes sèches ainsi que leur longueur au sortir des moules.

Les kaolins *a* et *b* ont à peu près la même composition chimique; en pâte molle, l'eau de plasticité est de 27,5 pour 100 pour le premier, et 20 pour 100 pour le second; leur eau interposée est la même : 27,5 pour 100.



La silice libre contenue dans les argiles a pour effet de prendre la place d'un certain nombre de particules colloïdales et de particules neutres; elle rend la matière moins plastique et moins poreuse.

On peut chiffrer la plasticité en divisant le poids de l'eau colloïdale par le poids de l'eau totale absorbée et en multipliant ce quotient par le retrait (voir le Tableau ci-dessous).

	a.	*a*¹.	*a*².	*a*³.	*b*.	*c*.	*d*.	*e*.	*f*.
Perte au feu	14	–	–	–	13,25	9,10	9,25	4,70	2,05
SiO^2 combinée	46,40	–	–	–	46,90	31,75	37,10	19,56	14,52
SiO^2 libre	–	–	–	–	–	30,30	16,20	48,24	70,48
Al^2O^3	38,13	–	–	–	38,73	26,45	30,86	16,30	6,60
Fe^2O^3	0,86	–	–	–	0,52	1,35	1,24	8,30	4,55
CaO, MgO	0,40	–	–	–	0,42	0,72	1,54	0,28	0,15
K^2O, Na^2O	–	–	–	–	0,47	0,28	4,01	2,18	1,05
Eau de plasticité (pour 100)	27,5	11,8	3	21	20,50	16	23	14	9
Eau interposée »	27,5	22,2	21	24	27,50	15	15	8	8
Eau totale »	55	34	24	48	48	31	38	22	17
Retrait »	8,5	5,1	0,30	7,20	3,10	5,60	8,10	8,10	2,70
Plasticité colloïdale	4,25	1,78	0,03	3,60	1,30	2,91	4,92	5,16	1,42

L'élévation de température (courbe a^3), celle de la pression (courbes a^1 et a^2) diminuent en même temps l'eau colloïdale et l'eau interposée; mais la diminution de l'eau interposée est très faible, si on la compare à celle de l'eau colloïdale.

GÉOLOGIE. — *Les terrasses alluviales de la Nive et leurs rapports avec l'abri moustérien d'Olha* (B.-Pyr.). Note [1] de M. E. **Passemard**, transmise par M. Ch. Depéret.

Dans une précédente Note [2], j'ai exposé les résultats de mes fouilles dans l'*abri moustérien supérieur* d'*Olha* et j'ai montré l'évolution de l'industrie à travers deux faunes distinctes, l'une tempérée avec *Rh. Mercki* et cerf dans le bas, l'autre froide avec *E. primigenius, Rh. tichorhinus* et renne dans le haut.

La couche archéologique la plus inférieure étant constituée par du sable et des cailloux roulés d'origine fluviatile, il m'a paru nécessaire d'essayer de relier cette formation à une des terrasses de la Nive toute voisine.

La notation *ap* de la feuille de Bayonne qui correspond au sable des Landes doit être modifiée. On ne peut, après les travaux de Blayac sur cette formation, songer à la maintenir dans la vallée de la Nive et dans la partie qui la relie à la mer. Il faut la remplacer par des alluvions anciennes.

La rivière ayant actuellement atteint un profil d'équilibre, il est possible de grouper ces alluvions en terrasses définies par leurs altitudes relatives.

1° Terrasse de 15^m-17^m, très nette derrière la gare de Cambo-les-Bains, à l'entrée d'Ustaritz, à la cathédrale de Bayonne, et à la Ville-en-Bois.

Le replat alluvial d'Ustaritz considéré par Stuart-Menteath comme déterminant une terrasse de 10^m n'est en réalité qu'un lambeau découpé par l'érosion dans le niveau de 15^m-17^m.

2° Terrasse de 26^m-34^m. Elle est jalonnée par des surfaces également très nettes, à Arnaga inférieur, au Séminaire de Larressore, à Halsou et à Micoteau.

3° Terrasse de 40^m-57^m. C'est la plus nette. Elle domine la vallée et peut être suivie presque sans interruption (Cambo-les-Bains, Larressore, Jatxou, Arruntz, Villefranque, Châteaux d'Urdains et de la Boule-du-Monde, Saint-Pierre d'Irube.

4° Terrasse de 80^m-95^m. Il faut noter, légèrement en arrière de la précédente, trois hautes surfaces garnies de cailloux roulés, comprises entre 80^m-95^m (altitude relative) à la Chapelle-Saint-Sauveur, Faldaracon, l'arbre Berrogain.

---

(1) Séance du 14 mars 1921.

(2) E. Passemard, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1069.

La composition des alluvions est la même pour tous les niveaux; les grès triasiques et les quartzites ordoviciens dominent.

5° Cailloutis élevés. A 142^m d'altitude relative à la Bergerie, au-dessus de Cambo, existe un cailloutis que je considère comme d'origine fluviatile où dominent les grès blancs et les quartz.

De la Nive à la mer, il est possible de suivre sans discontinuité vers la Négresse et vers Bidart des surfaces à cailloux roulés, en tous points semblables à celles de la vallée de la Nive et qui paraissent faire suite, en s'abaissant, au niveau de 80^m-95^m.

Vers Biarritz, au contraire, c'est au niveau de 40^m-57^m qu'elles paraissent se rattacher.

Conclusions. — Je n'ai pas retrouvé de ligne de rivage ancienne. Les niveaux de 40^m-57^m et de 80^m-95^m ont, vers l'amont, une pente un peu plus forte que celle de la Nive actuelle. Ces deux faits peuvent s'expliquer en admettant que les anciennes lignes de rivage se trouvaient très loin à l'Ouest et ont été détruites par le rapide recul de la cote.

La couche archéologique la plus inférieure d'Olha est à une altitude relative de 12^m et se rattache à la terrasse de 15^m-17^m,

Elle correspond au dernier alluvionnement d'une crue, à l'époque où le ruisseau ravinant la nappe de 15^m-17^m pour tailler son lit actuel atteignit pour la dernière fois la cote 12.

Les altitudes de nos niveaux sont assez voisines de celles données par Depéret, de Lamothe, Chaput pour les formations alluviales, par Gignoux et de Lamothe pour les lignes de rivage, pour que l'on puisse les en rapprocher.

Il est certain par exemple que notre nappe de 15^m-17^m est la même que celle de 15^m-20^m (basse terrasse).

Comme cette dernière, elle donne une industrie de type moustérien et correspondrait à la dernière grande extension glaciaire, würmienne de Penck, mais en raison de la situation très méridionale de la région, très « Ibérique », elle renferme *Rh. Mercki* au lieu de *Rh. tichorhinus*.

Si l'on ajoute que la grotte magdalénienne de Bouheben, signalée par Detroyat [1], était à peine à quelques mètres au-dessus de la Nive; que l'industrie de la Ballastière de Micoteau [2] qui provient du limon supérieur

---

(1) A. Detroyat, *Notice sur les stations de l'âge de la Pierre, découvertes jusqu'ici autour de Bayonne* (*Bull. Soc. Sc. et Lettres de Bayonne*, 1877-1878).

(2) E. Passemard, *Bull. Soc. Préh. Franç.*, décembre 1920.

de la terrasse de 26^m-34^m, est très voisine de celle des couches inférieures d'Olha, que la dent d'*E. intermedius* d'Arruntz [1], si son origine est bien prouvée, ne peut provenir que du lavage de la terrasse de 40^m-47^m, on réunit un faisceau de faits qui se complètent parfaitement.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la brume sèche.* Note de M. **Ph. Scherfschewsky**, présentée par M. R. Bourgeois.

La brume et le brouillard constituent, avec les grains, les trois plus grands dangers qui menacent le vol des avions. L'étude météorologique de la visibilité a pourtant été peu approfondie.

La brume sèche a été distinguée depuis longtemps du brouillard. A la vérité il faut distinguer deux types principaux de brume sèche : l'une, légère, accompagnant les périodes de très beau temps ; l'autre, d'intensité variable, mais qui peut obliger à maintenir un éclairage artificiel au milieu de la journée.

C'est ce dernier type de brume que nous avons étudié. Il est particulièrement dangereux pour l'Aviation.

1. *L'intensité de la brume sèche est maxima au voisinage du sol.* — Ce fait est souvent tellement marqué que le sommet de la Tour Eiffel est plus nettement visible que sa base. Le brouillard ne présente presque jamais cette particularité.

2. *Épaisseur de la couche de brume.* — Le brouillard stable forme comme une couche répandue sur le sol et dont la surface supérieure, située en général à quelques centaines de mètres seulement, est nettement limitée. Ces faits s'établissent en explorant les couches inférieures de l'atmosphère au moyen d'un barothermohygromètre, emporté par un ballon captif. La brume sèche est répartie sur une épaisseur beaucoup plus grande et qui paraît de l'ordre de 2000^m. Dans une étude entreprise en ballon dirigeable nous avons constaté que, même dans le voisinage du zénith, la diminution de la brume peut n'être que progressive au cours de l'ascension.

3. *Absorption de la lumière.* — La brume sèche laisse surtout passer les rayons rouges, et ce phénomène de l'absorption est intense dans ses couches inférieures. En dirigeable, on peut observer simultanément le Soleil par

---

(1) Stuart-Menteath, *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 642. — Welsch, *Anthropologie*, t. 28, n° 3, 1917.

vision directe et par réflexion sur l'eau d'une rivière. A une altitude à peine supérieure à 300^{m} et pour des rayons frappant l'eau sous une incidence d'environ 60°, le disque solaire est jaune paille par vision directe et rouge orangé par réflexion. (Ascension du 3 novembre 1920.)

4. *Circonstances météorologiques de l'apparition de la brume sèche.* — Ce point est naturellement le plus essentiel à étudier.

a. Circonstances nuageuses. — Le caractère fondamental de la brume sèche est son association avec certains types d'alto-cumulus.

La classification internationale est trop lâche pour désigner avec précision ces types particuliers. Elle permet de les ranger assez arbitrairement soit avec les alto-cumulus ordinaires, soit avec les strato-cumulus. Ce sont, en fait, des bancs isolés ou des couches continues d'alto-cumulus en forme de dallage ou de forme ovoïde.

L'association de la brume, qui est pourtant surtout localisée au sol, avec ces masses nuageuses dont l'altitude est d'environ 2000^{m} présente, dans certains cas, une forme particulièrement frappante. Quand les bancs d'alto-cumulus brumeux sont assez clairsemés dans le ciel, ce qui a lieu en particulier dans la période finale des systèmes nuageux, la visibilité au sol peut présenter des irrégularités notables suivant la direction dans laquelle on vise : dans les directions qui ne coupent pas, à petite distance, des bancs importants d'alto-cumulus, la visibilité est moyenne; si, au contraire, le plan de visée en coupe un banc, la visibilité peut s'abaisser à quelques centaines de mètres.

Il semble qu'il y ait alors comme une colonne de brume qui descend sous le banc d'alto-cumulus et vient s'écraser sur le sol où elle présente une intensité maxima. Nous citerons à cet égard une observation faite récemment dans la région lyonnaise (25 février 1921). La visibilité dans la direction du Nord-Est, où il n'y avait au ciel que quelques nappes de cirrus, était d'environ 5^{km}. Dans la direction du Sud et du Sud-Ouest, où se trouvaient des bancs importants d'alto-cumulus, la visibilité était mauvaise et variable et généralement inférieure à 1^{km}.

b. Circonstances isobariques. — Les bancs d'alto-cumulus distincts brumeux se présentent toujours dans les régions de variations barométriques faibles (moins de 5^{mm} en 12 heures). Il y a trois types de variations barométriques faibles : les oscillations lentes du régime anticyclonique, les oscillations capricieuses des régimes orageux, enfin les oscillations dont nous voulons parler et qui sont comme un écho affaibli des noyaux de courbes d'égales variations barométriques qui parcourent des régions éloignées.

Ces noyaux de variations se divisent eux-mêmes en deux classes : les uns sont négatifs, les autres sont de simples sillons creusés dans des zones de variations positives.

Dans le cas du 25 février 1920, par exemple, un noyau de variations négatives se déplaçait à travers le nord des Iles Britanniques, la mer du Nord et le sud de la Scandinavie (environ 6^{mm} de baisse en 12 heures). Son bord extrême balayait la France par un prolongement très faible (environ 1^{mm} de baisse en 12 heures) orienté du Nord-Ouest au Sud-Est, abordant le Pas-de-Calais vers 7^{h} et atteignant les Alpes à 18^{h}.

Il est curieux de remarquer que les couches d'alto-cumulus accompagnant les faibles noyaux de variations dont nous parlons ne laissent tomber qu'une pluie très fine et en quantité insignifiante. Il semble que la chute de pluie y soit remplacée par une chute de brume : la localisation de la brume sous les couches d'alto-cumulus que nous signalons plus haut, ainsi que l'écrasement de cette brume sur le sol, viennent encore à l'appui de cette manière de voir.

BOTANIQUE. — *Les phénomènes nucléaires de la cinèse hétérotypique chez le* Lobelia urens *et chez quelques Campanulacées.* Note de M. **L. Armand**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Mes recherches ont porté sur *Lobelia urens* L., *Campanula Rapunculus* L., *Campanula Trachelium* L., *Campanula rotundifolia* L., *Specularia Speculum* Alph. D. C. et *Jasione montana* L.

Noyau au repos. — A ce stade le noyau renferme sous une membrane mince, plongées dans le suc nucléaire incolore, des nucléoles en nombre variable et un réseau périphérique. Ce dernier est formé d'une trame de linine peu ou à peine colorable qui supporte de gros blocs irréguliers et très colorés de chromatine, placés surtout aux angles du réseau chez *Campanula Rapunculus* et *Campanula Trachelium*. Chez *Campanula rotundifolia*, *Specularia Speculum* et *Jasione montana*, la chromatine forme des plaquettes minces placées sur le trajet des filaments lininiens. Chez *Lobelia urens*, la chromatine est en granules à peu près réguliers, disposés en file unique sur la trame du réseau.

Stade leptotène. — A ce stade, le réseau se condense, rétracte ses anastomoses et se transforme en filaments libres plus gros et plus chromatophiles que les éléments du réseau, dont ils ont du reste la structure particulière. Nous n'avons jamais observé de rapprochement intime longitudinal, deux par deux de ces éléments.

Stade du synapsis. — Nous l'avons toujours observé dans nos préparations. Il consiste dans la condensation des filaments leptotènes et leur rétraction autour du nucléole. Au début, chez *Lobelia urens*, on trouve des filaments épaissis mélangés à d'autres filaments minces qui vont se contracter à leur tour. Chez *Campanula Trachelium* et *Campanula rotundifolia*, au milieu de filaments minces enchevêtrés, on observe de gros amas de chromatine disséminés sans ordre. Chez *Specularia Speculum* et *Jasione montana*, les filaments leptotènes sont pelotonnés énergiquement sans autre changement. Plus tard, dans toutes nos espèces, la masse synaptique est un amas dans lequel on observe aucune différenciation.

Stade du spirème. — Le spirème dégagé de la masse synaptique est discontinu et en forme de gros cordons libres, indivis longitudinalement. Leur structure est semblable pour toutes nos espèces : granules de chromatine plus ou moins réguliers unis par de la linine.

Stade de deuxième contraction synaptique. — Ce stade, qui se manifeste par une orientation et une condensation des tronçons du spirème, qui prennent la forme de boucles à convexité externe, les extrémités des branches revenant vers le nucléole, se rencontre dans nos objets avant le stade *strepsinema.* Il est peu marqué chez *Campanula Trachelium*, plus accentué chez *Lobelia urens* et bien caractérisé chez nos autres espèces.

Stade du strepsinema. — Ce stade, caractérisé par la division longitudinale de chaque tronçon spirématique en deux moitiés, débute pour nos espèces à la fin de la deuxième contraction synaptique et s'achève ultérieurement.

Formation et formes des chromosomes. — Les chromosomes définitifs se forment par un épaississement graduel de chacune des branches jumelles du strepsinema. Chez *Jasione montana*, *Campanula Trachelium* et *Specularia Speculum*, on observe dans chaque branche chromosomique une ligne claire longitudinale, qui disparaît plus tard et qui est une indication de la division longitudinale anaphasique des chromosomes filles. Les formes des chromosomes varient; à côté des formes classiques en V, X, Y, nous avons observé chez *Specularia Speculum* des formes pseudo-ternes et pseudo-quaternes; chez *Lobelia urens* des formes en γ et en anneau et des formes en tenaille chez *Jasione montana*.

Insertion des chromosomes. — Pour les espèces étudiées, l'insertion a toujours lieu au fuseau en superposition, chaque branche chromosomique se dirigeant vers un pôle différent.

Division anaphasique des chromosomes. — Elle s'accomplit avant l'arrivée aux pôles pour *Campanula Trachelium* et *Campanula Rapunculus;* au tassement polaire pour *Lobelia urens;* seulement à la télophase pour les autres espèces.

En résumé, pour les espèces que nous avons étudiées :

1° Les filaments leptotènes ne s'accolent pas par paires longitudinales.

2° Le spirème est simple longitudinalement. Il est discontinu et formé de tronçons séparés. Il est l'analogue d'un système somatique à n éléments au lieu de $2n$.

3° La deuxième contraction synaptique est constante.

4° Les chromosomes définitifs proviennent de la condensation des branches jumelles du strepsinema et se forment selon le processus parasyndétique; de plus, ils s'insèrent au fuseau en superposition.

5° Les chromosomes-filles se divisent longitudinalement en deux moitiés, soit à l'anaphase, soit un peu plus tard pour donner les branches chromosomiques de la deuxième cinésie.

AGRONOMIE. — *Utilisation des tiges de diverses plantes annuelles en vue de la production de l'énergie mécanique nécessaire aux travaux agricoles de la vallée du Niger.* Note de M. **Charles Audebeau Bey**, présentée par M. Roux.

Depuis quelque temps, l'attention se porte vers les possibilités de la culture cotonnière irriguée dans les plaines bordant le Niger. L'insuffisance de la main-d'œuvre dans ces contrées conduira à l'emploi de machines sur une grande échelle. L'utilisation de charbon, de pétrole, de benzine ou de mazout ne saurait être envisagée, le grand éloignement des ports de l'Océan rendant le coût de ces combustibles prohibitif. L'usage de bois d'arbres provenant du débroussement ne pourrait être, d'autre part, que d'une assez faible durée.

Il sera possible de pratiquer une culture industrielle telle que celle du cotonnier et des cultures intercalaires, en utilisant seulement les tiges de diverses plantes faisant partie de l'assolement, ainsi que nous allons le montrer. Nous prendrons pour base les données pratiques moyennes obtenues à l'Administration des Domaines de l'État Égyptien, au cours de plusieurs années, et nous supposerons, à titre d'exemple, une exploitation agricole de 2000^{ha}, dont le tiers cultivé en cotonniers.

A. *Labourage* [1]. — On comptera sur une quantité d'énergie de 160000 chevaux-heures avec un double labour croisé à 0,17 de profondeur, de la superficie cultivée en cotonniers et un simple labour de terres avec cultures d'assolement.

B. *Égrenage et pressage du coton.* — La quantité d'énergie sera d'une centaine de mille chevaux-heures, avec l'usage de presses puissantes, dites *Steampress*, pour réduire l'encombrement des balles.

---

[1] Ch. Audebeau Bey et Victor Mosséri, *Le labourage en Égypte* (*Institut d'Égypte*, mars 1916).

C. *Atelier de réparations.* — Une quantité de 100000 chevaux-heures environ sera suffisante à cet effet.

D. *Éclairage électrique des fermes.* — On peut compter sur une cinquantaine de mille chevaux-heures. Le total de l'énergie qui fait l'objet des paragraphes ci-dessus s'élève à 410000 chevaux-heures environ.

Voici la production moyenne annuelle de déchets végétaux :

	T
Bois de cotonnier (660ha à 1500kg)	990
Graines de cotonnier (660ha à 730kg)	482 (1)
Tiges de mil (660ha à 2500kg	1650
Autres produits sur les 660ha restants	200
Total	3322

L'emploi de gazogènes alimentant des moteurs à gaz pauvre permettra d'obtenir facilement un million de chevaux-heures effectifs, en tenant compte de l'énergie requise par le coupage du bois de cotonnier avec un appareil *ad hoc*, de l'allumage quotidien, des pertes et des imprévus. C'est un minimum. Mais nous préférons nous placer dans les conditions les plus défavorables, avec des tiges conservant une certaine humidité.

L'emploi de transmissions électriques actionnant les divers appareils énumérés précédemment réduira l'énergie disponible à 650000 chevaux-heures environ. L'usage d'un intermédiaire tel que l'électricité ne serait guère dispendieux, une usine centrale permettant de réduire le personnel, la consommation d'huile, les frais d'amortissement et d'entretien du matériel. On ne saurait, d'ailleurs, accoupler directement un gazogène à un appareil de labour par exemple.

La quantité d'énergie à recueillir sur les arbres des dynamos réceptrices est, on le voit, bien supérieure à celle requise pour les travaux énumérés ci-dessus. Elle permettrait de faire face à diverses autres opérations agricoles qui pourraient être effectuées mécaniquement : décorticage du mil, traction électrique entre les centres des domaines agricoles, etc. Nous ne parlerons pas du battage du blé, du riz, dans le cas de culture de ces céréales, l'énergie mécanique nécessaire pour le battage étant très inférieure à celle qui serait produite par l'incinération des pailles en gazogène.

On ne saurait songer cependant à l'emploi de tiges des plantes annuelles pour l'élévation de l'eau d'arrosage des champs à semer en cotonniers et en autres plantes d'assolement. Elles ne suffiraient pas pour assurer les arro-

---

(1) Déduction faite des semences.

sages et les besoins dont il a été parlé. L'irrigation pérenne par gravitation s'impose dans la vallée du Niger, afin de ne pas grever les produits de frais trop élevés par rapport à ceux des autres pays cotonniers.

La question de l'emploi de produits végétaux annuels a fait l'objet d'essais de la part de M. Wells, en Égypte. L'Administration des Domaines de l'État Égyptien se livre à des expériences à ce sujet.

Un gazogène fonctionne chez elle depuis deux ans, exclusivement avec de la paille de fèves. Les efforts sont portés vers l'élimination du goudron.

Pour résumer, l'utilisation de combustibles végétaux, obtenus gratuitement du sol chaque année, serait un véritable bienfait pour la vallée du Niger.

Cet emploi pourrait prendre aussi un grand développement en bien d'autres centres, où la culture du cotonnier n'est pas destinée à s'acclimater, mais où les cultures annuelles donnent une proportion de déchets végétaux suffisante pour recueillir une quantité d'énergie mécanique importante.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hydrolyse du méthyl-d-mannoside α par les ferments solubles.* Note de M. **H. Herissey**, présentée par M. L. Guignard.

Le méthyl-*d*-mannoside α a été préparé à l'état cristallisé et pur par van Ekenstein; il est facilement hydrolysable par les acides minéraux étendus et bouillants. Son dédoublement biochimique, par l'action d'un ferment soluble, n'a été envisagé, à ma connaissance, que par Em. Fischer; cet auteur, après avoir conclu tout d'abord que le méthylmannoside restait inattaqué par les ferments de la levure et par l'émulsine (1894) a trouvé ensuite qu'après une longue influence de ce dernier ferment on pouvait observer une faible hydrolyse (1895).

Je me suis proposé de rechercher une source, suffisamment active et d'obtention facile, du ferment hydrolysant des *d*-mannosides α, de la *d-mannosidase* α, suivant la nomenclature consacrée.

Le méthyl-*d*-mannoside α nécessaire à ces essais a été préparé suivant la méthode de Fischer, en chauffant le *d*-mannose avec de l'alcool méthylique absolu, contenant moins de $\frac{1}{100}$ d'acide chlorhydrique sec. Après recristallisations suffisantes, je l'ai obtenu tout à fait pur, de pouvoir rotatoire $\alpha_D = +79°,18$ ($v = 15^{cm^3}$, $l = 2$, $p = 1^g,2218$, $\alpha = +12°54'$).

Le méthyl-*d*-mannoside ne réduit pas la liqueur cupro-potassique; comme, par dédoublement, il fournit, pour 100, 92,73 de *d*-mannose qui, lui, est réducteur et pos-

sède un pouvoir rotatoire sensiblement égal à $+ 14°,2$, il en résulte que son hydrolyse est aisément constatable et facilement mesurable par les variations du pouvoir réducteur et de la rotation optique de ses solutions mises en expérience.

J'ai d'abord trouvé, en accord avec Fischer, que l'émulsine des amandes contient, en petite quantité, de la *d*-mannosidase α. En solution aqueuse à 1^g pour 100^{cm^3}, additionnée de $0^g,50$ d'émulsine des amandes, j'ai constaté, en effet, après 15 jours, à 32°, un dédoublement s'élevant à 18 pour 100 du méthylmannoside mis en œuvre. L'action de l'émulsine est donc réelle; mais elle est faible et, de ce fait, pratiquement peu utilisable.

Le liquide fermentaire d'*Aspergillus niger* obtenu en laissant séjourner de l'eau distillée, pendant 3 jours, à 15°-18°, sous une culture arrivée à maturité, ne contient que des traces infinitésimales de mannosidase; en 18 jours, à 32°, le dédoublement n'atteint pas 5 pour 100.

Le mycélium du champignon, employé en nature, après dessiccation et pulvérisation (2^g pour 100^{cm^3} de solution de mannoside au centième), a provoqué en 78 jours, à 32°, un dédoublement de 46,09 pour 100.

Les macérés aqueux de levure de bière basse se sont montrés complètement inactifs. La levure entière desséchée est, par contre, faiblement hydrolysante.

Les meilleurs résultats d'hydrolyse ont été obtenus en utilisant comme source de ferment les semences germées de luzerne. On fait germer des graines de luzerne de Provence à l'étuve, à 25°-30°, après trempage de quelques heures dans l'eau. La germination est suffisamment avancée, en moins de 48 heures; les graines germées sont alors rapidement desséchées à une température inférieure à 45° et le produit desséché est ensuite passé au moulin, de façon à obtenir une poudre homogène et facilement maniable.

J'ai expérimenté avec des macérés aqueux obtenus soit avec cette poudre de luzerne germée et desséchée, soit avec la graine de luzerne germée, mais non desséchée. Je me suis servi aussi du précipité obtenu par addition d'alcool aux macérés précédents. J'ai obtenu, avec les macérés eux-mêmes, des résultats positifs, témoignant d'une hydrolyse notable du mannoside (32,83 pour 100, par exemple, en 14 jours, à 15°-18°, avec un macéré correspondant, pour 100^{cm^3}, à 5^g de poudre de luzerne germée desséchée). Par contre, le précipité obtenu par l'alcool possède seulement une activité insignifiante.

Les résultats les meilleurs ont été constatés dans les expériences avec la poudre de luzerne germée et séchée elle-même, employée telle quelle, dans la proportion de 4 à 5^g pour 100^{cm^3} de solution aqueuse de méthylmannoside. Par exemple, dans une expérience, j'ai observé, en 36 jours, un dédoublement de 71,60 pour 100; dans une autre expérience, le dédoublement s'élevait à 94,73 pour 100 après 49 jours.

En résumé, la source la plus avantageuse de *d*-mannosidase α paraît actuellement constituée par la semence de luzerne germée. Il est intéressant de remarquer qu'il s'agit du produit qui contient déjà la *séminase*, ainsi définie : le ferment soluble (ou ensemble de ferments solubles) qui détermine la transformation des hydrates de carbone de réserve de l'al-

bumen corné des Légumineuses en sucre assimilable. Or, on sait que ces hydrates de carbone sont, pour une grande part, constitués précisément par des mannanes, c'est-à-dire par des hydrates de carbone qui, comme les mannosides, donnent par hydrolyse du *d*-mannose.

Il est vraisemblable de penser que la *d*-mannosidase α doit se rencontrer non seulement dans la graine de luzerne, mais aussi dans de nombreuses autres graines de Légumineuses ou d'autres familles végétales à albumen corné.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les causes de variation de la teneur en zinc des animaux vertébrés : influence de l'âge.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **R. Vladesco**, présentée par M. Roux.

Nous avons attiré l'attention, dans une Note récente, sur la grande variabilité de la teneur en zinc des organes du cheval et nous avons émis l'hypothèse que cette variabilité devait être en rapport avec la mobilité et le rôle physiologique du métal (¹).

Partant de cette hypothèse, nous avons entrepris de rechercher quelle est la cause ou quelles sont les causes dont dépendent les différences de richesse en zinc de l'organisme. Nous avons commencé par examiner l'influence de l'âge.

Il fallait naturellement nous attendre à rencontrer ici, comme première difficulté, l'interférence possible de plusieurs causes réunies de variation dont l'une pouvait l'emporter en importance sur celle que nous voulions déterminer. Afin d'amoindrir autant que possible les effets de cette interférence, nous nous sommes procurés des séries d'animaux élevés ensemble et soumis au même régime. Nous avons, d'autre part, étendu nos recherches à plusieurs espèces très différentes.

Les résultats que nous publions aujourd'hui se rapportent aux Vertébrés : le lapin et le cobaye, élevés par nous au laboratoire; la souris, provenant des élevages de M. le Dr Borrel, à l'Institut d'hygiène de Strasbourg; la poule, originaire du poulailler de l'Institut Pasteur, à Garches; l'ide (*Idus orfus* V. C.) et la tanche, des aquariums de la Maison Dagry; enfin, nous avons joint à cette collection d'animaux dont nous connaissions l'origine, l'âge et le mode d'alimentation, deux harengs d'un même lot de pêche, d'âge inconnu mais de taille très inégale.

Tous ces animaux, sauf bien entendu les harengs, ont été tués par le chlo-

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 474.

roforme ; on les a nettoyés avec soin à la surface, puis, quand ils étaient devenus rigides, pour ne pas perdre le sang, on les a divisés et mis à sécher à l'étuve. On n'a pas manqué de vider, dans tous les cas, le tube digestif. Quand la dessiccation a été complète, on a pulvérisé à part chaque animal ou, lorsque les individus étaient trop petits, chaque groupe d'animaux, en se servant d'un mortier de porcelaine. Les poils et les plumes ont été enlevés au début des opérations, séchés et pesés séparément. Il n'aurait pas été possible d'en obtenir le mélange homogène avec le reste du corps. Pour la suite des expériences, on en a ajouté une portion aliquote à la poudre d'organes. Les dosages de zinc ont porté ainsi sur des échantillons moyens du corps de chaque espèce quand les individus étaient de grande taille, sur le corps entier ou un mélange de plusieurs corps quand les individus étaient plus petits. La méthode suivie a été la même que pour les organes du cheval [1].

Espèces.	Age.	Poids d'un individu [2].	Zn pour 100 de matière fraiche.
		g	mg
Souris (10 individus)..........	3 jours	2,55	3,5
» (12 »)..........	2 semaines	4,41	2,8
» (6 »)..........	3 »	3,98	3,0
» (3 »)..........	2 mois	12,36	2,5
» (5 »)..........	1 an	11,74	3,5
» (2 »)..........	2 ans	21,15	4,2
Lapin (2 embryons)..........	»	10,5	4,4
» (8 »)..........	»	34	3,1
Lapin..........................	9 jours	116,5	4,0
»	1 mois	408	4,5
»	2 »	1111	4,4
»	4 »	2828	4,9
Cobaye..........................	4 jours	75	2,3
»	adulte	592	5,6
Poule..........................	1 an	1605	31,4
»	2 ans	1390	8,7
»	3 »	1735	7,7
»	4 »	1645	3,2
»	5 »	2585	9,3
Ide (5 individus)..........	7 mois	5	14,2
Ide..........................	19 »	79	3,6
»	33 »	284	1,8
Tanche (5 individus)..........	7 mois	8,02	6,0
» (2 »)..........	19 »	13,7	8,1
Tanche..........................	33 »	47,8	8,8
»	7 ans	706	3,1
Hareng..........................	»	69	2,2
»	»	122	5,0

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 29, 1921, p. 53.

[2] Lorsque l'expérience porte sur plusieurs individus à la fois, nous donnons le poids moyen.

La conclusion la plus générale, mais non absolue, qui se dégage de ces résultats est que *la teneur du corps en zinc présente un maximum dans le jeune âge*. C'est du moins ce qui ressort d'une manière frappante des résultats obtenus avec les séries bien espacées de souris et de poules, ce que l'on voit encore nettement quand on compare les chiffres fournis par l'*Idus Orfus*.

Chez le lapin, où la teneur en zinc varie très lentement, nous n'avons pas encore pu étendre assez nos expériences pour connaître la courbe représentative du phénomène.

D'autre part, il apparaît que chez le cobaye, le hareng et la tanche, ce n'est pas au moment de la naissance, mais après une certaine période de développement que l'on trouve le chiffre de zinc le plus élevé.

Ces premières conclusions sont différentes de celle que S. Giaya a formulée l'année dernière en rapportant les résultats de ses recherches toxicologiques [1]. Selon lui, la proportion de zinc « augmente avec l'âge du sujet ». Faisons remarquer, avant d'aller plus loin, que cette conclusion, appliquée à l'homme, repose sur l'analyse des viscères et non sur celle du corps entier; ensuite, qu'elle ne semble pas aussi nette quand on examine la série entière des résultats publiés par S. Giaya [2] que la sélection donnée par lui dans les *Comptes rendus*. La série entière présente des irrégularités analogues à celles que nous avons rencontrées nous-mêmes chez les animaux.

Ces remarques faites, il est possible, et même probable, que la richesse en zinc, après avoir atteint une valeur maxima à la naissance ou quelque temps après, diminue graduellement, se fixe plus ou moins autour d'un minimum, et recommence à croître au moment de la vieillesse. Déjà, dans les séries d'expériences portant sur la souris et sur la poule, nous voyons apparaître chez les individus les plus âgés un relèvement très appréciable de la teneur en zinc. Nos résultats, arrivés à ce point, se raccorderaient alors avec ceux de S. Giaya.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 906.

[2] *Thèse de Pharmacie*, Paris, 1920.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de l'urée dans le foie après la mort.* Note de M. R. Fosse et de M[lle] N. Rouchelman, présentée par M. E. Roux.

1. La circulation artificielle, dans le foie, de sang, seul (de Cyon) [1] ou additionné de carbonate d'ammonium (Schrœder) [1], donne naissance à l'urée.

2. Mais le foie, même lavé, produit la carbamide (Ch. Richet) : « sans qu'on puisse faire intervenir une circulation quelconque par le sang, chargé de carbonate d'ammoniaque ou d'oxygène ». Ce phénomène est intimement lié à l'existence d'un ferment soluble : la diastase uréopoiétique de Richet [1].

3. Comme ces résultats ont été acquis par des dosages d'urée avec l'hypobromite, plusieurs auteurs ont cherché à vérifier l'identité du corps engendré par le foie. Des produits de l'autolyse aseptique de cet organe, Gottlieb [1] isole une substance qu'il considère comme étant probablement l'urée : parce qu'elle se dissout dans l'alcool éthéré, dégage de l'azote par l'hypobromite et précipite avec le nitrate mercurique. Schwartz [1] arrive aux mêmes résultats par la méthode de Mörner-Sjoqvist. D'après Lœwy [1], ce n'est point l'urée qui apparaît dans l'autolyse du foie, mais un acide aminé, très voisin de ce corps, dérivant du glycocolle, soluble dans l'alcool éthéré, dégageant de l'azote avec l'hypobromite et refusant de précipiter, contrairement à l'urée, en présence du nitrate mercurique, de l'acide azotique et de l'acide oxalique. Lambling [2] en conclut qu'il s'agit de l'urée *ou d'une substance très voisine*. Les méthodes d'identification et de dosage de l'urée par le xanthydrol confirment pleinement les résultats des expériences de Ch. Richet.

4. *Démonstration de la formation de l'urée par le foie après la mort.* — Le foie d'un chien, saigné à blanc, est broyé et la pulpe introduite par portions de 20^g environ, dans des flacons tarés. Après détermination exacte de l'augmentation du poids, on ajoute dans chaque vase la même proportion de chloroforme, mélange par agitation, on bouche et l'on abandonne à la température ordinaire (été). L'arrêt de l'autolyse et la désalbumination ont été obtenus en ajoutant du réactif Tanret, deux fois plus concentré en iodo-

(1) Ch. Richet, *Dictionnaire de Physiologie*. Article *Foie*, p. 686 et suiv.
(2) Lambling, *Précis de Biochimie*, 2e édition, p. 339.

mercurate que celui employé par le sang, à raison de 1^{cm^3} par gramme de pulpe. Après mélange et centrifugation on recueille des liqueurs telles, qu'une quantité donnée correspond à un même poids de foie. Un volume de filtrat reçoit un volume d'acide acétique et du xanthydrol (1^g pour 200^{cm^3} de mélange), dissous *à froid au moment de l'expérience*, dans 10 parties d'acide acétique. La xanthylurée, essorée après plusieurs heures, est épuisée à la soude chaude pour éliminer le glycogène.

	Durée de l'autolyse.	Poids de foie.	Iodo-mercurate acétique (vol.).	Xanthylurée pour 20^{cm^3}, liq. désalbum.	Urée pour 1000^{cm^3}, liq. désalbum.	Rapport de l'urée après autolyse à l'urée du témoin.
	h	g	cm^3	g	g	
Témoin...	0	23,13	23,13	0,01	0,0714	»
Exp. 1....	66	24,08	24,08	0,06	0,428	6
Exp. 2....	114	23,85	23,85	0,058	0,414	5,7

Des résultats semblables nous ont été donnés par la pulpe de foie, fluorée, placée à l'étuve.

5. *Abolition, par chauffage, de la propriété que possède le foie de former de l'urée.* — On place à l'étuve, à 37°-40°, deux lots de vases bouchés contenant même poids de foie de chien, broyé, fluoré à $\frac{1}{200}$, l'un d'eux ayant été préalablement placé 20 minutes dans l'eau bouillante. La méthode, qui vient d'être décrite, établit que l'urée n'augmente point dans le foie cuit, tandis qu'elle s'élève notablement dans le foie non coagulé, où sa quantité peut devenir 6,7 fois supérieure à celle du témoin cuit.

	Chauffage à + 37°. Durée.	Xanthylurée pour 25^{cm^3}, liq. désalbum.	Urée pour 1000^{cm^3}, liq. désalbum.	Rapport de l'urée après autolyse à l'urée du témoin.
	h	g	g	
Foie cuit.............	0	0,04	0,22	»
Foie cuit.............	47	0,037	0,21	»
Foie cru	23	0,15	0,85	3,8
Foie cru	47	0,21	1,2	5,4
Foie cru	5j	0,26	1,48	6,7

PHYSIOLOGIE. — *Grossesse et phénomènes de choc anaphylactique.* Note [1] de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

Au cours d'expériences poursuivies depuis plusieurs mois sur le choc anaphylactique chez le cobaye, nous avons observé que certains sujets

(1) Séance du 7 mars 1921.

préparés au sérum de cheval demeuraient insensibles à l'injection déchaînante intra-cardiaque qui, en moins de trois minutes, déterminait invariablement la mort de la plupart des animaux de la même série.

La sensibilisation avait cependant été pratiquée de la même manière et la dose seconde administrée dans les mêmes conditions, tous les cobayes du même lot ayant été traités, en somme, d'une façon aussi identique que possible.

Supposant que cette résistance exceptionnelle au choc pourrait peut-être relever de dispositions individuelles, nous avons aussitôt fait cette curieuse constatation que les animaux qui n'avaient point réagi étaient tous invariablement des femelles en gestation.

Pour vérifier l'influence de la grossesse sur les phénomènes de choc, nous avons choisi, parmi les cobayes antérieurement soumis à la même injection préparante de sérum de cheval, des mâles puis des femelles fécondées, qui ont reçu indistinctement dans le cœur gauche $0^{cm^3},6$ de ce sérum. Dans ces conditions, tous les mâles meurent en quelques minutes alors que les femelles ne présentent au bout de ce temps qu'un peu de prurit, sans aucun autre symptôme.

Après l'accouchement, l'état de sensibilisation réapparaît chez les femelles préparées qui présentent dès qu'elles sont délivrées, tous les accidents de la crise anaphylactique lorsqu'elles reçoivent l'injection déchaînante.

Prenant ensuite un autre lot d'animaux neufs, composé de la même manière, et injectant dans le cœur gauche 1^{cm^3} de suspension barytique utilisée dans nos recherches précédentes [1], nous avons vu tous les mâles mourir en quelques minutes à la suite du choc anaphylactoïde habituel, alors que les femelles en état de grossesse n'ont présenté aucun accident. Une seule femelle, chez laquelle on avait pratiqué une saignée de quelques centimètres cubes cinq heures auparavant, a accusé, sous l'action de la dose d'ordinaire sûrement mortelle pour les mâles, des troubles passagers assez intenses qui n'ont duré que quelques minutes; mais ce cas ne semble pas infirmer la généralité des résultats signalés plus haut parce qu'il s'est précisément rapporté à une femelle dont la gestation était tout à son début.

D'autre part, cherchant à déterminer les relations qui peuvent exister entre la crise épileptique et le choc anaphylactique, nous avons injecté dans le cœur gauche des cobayes mâles de 1^{cm^3} à 2^{cm^3} de sérum de malades atteints

---

(1) Auguste Lumière et Henri Couturier, *Sur le choc provoqué par l'introduction de substances insolubles dans la circulation* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1172).

de mal comitial et provoqué ainsi des accidents épileptiformes caractéristiques graves pouvant se terminer par la mort quand la dose est suffisante.

Sans attendre d'avoir poussé plus avant notre étude sur les rapports de l'anaphylaxie avec l'épilepsie, nous devons pour l'instant mentionner que ces mêmes injections de sérum d'épileptique pratiquées chez les femelles pleines n'entraînent que des troubles insignifiants et, la plupart du temps même, aucun accident (1).

Nous nous sommes demandé si (dans le cas des injections intra-cardiaques tout au moins) cette singulière immunité des femelles en état de gestation, aussi bien contre le choc anaphylactique que contre les chocs barytique et épileptique, dépendait d'une propriété spécifique de leur sérum et, pour le vérifier, nous avons saigné un certain nombre de ces femelles, puis ajouté leur sérum aux doses déchaînantes d'antigène qui ont été injectées à des mâles. Nous avons constaté que cette addition n'a eu aucun effet de préservation; il en a été de même quand le sérum a été administré soit avant, soit après l'injection seconde.

L'immunité ne semble donc pas résider dans des modifications humorales qui surviendraient pendant la grossesse et son mécanisme pourrait plutôt être recherché dans une diminution de l'aptitude aux phénomènes réflexes ou dans une variation des réactions nerveuses.

ZOOLOGIE. — *Sur des otolithes subfossiles de Poissons du Sahara méridional et leur signification.* Note (2) de M. **Jacques Pellegrin**, transmise par M. E. Perrier.

Des études récentes montrent que le régime hydrographique du Sahara était jusqu'à une époque relativement très proche fort différent de ce qu'il est aujourd'hui. Des fleuves importants sillonnaient la surface du *Grand désert*, des lacs, des marais en jalonnaient l'étendue. La physionomie générale de ce vaste réseau fluvial vient d'être esquissée dans ses grandes lignes par R. Chudeau (3). On imagine aisément combien devait être

---

(1) Ces faits sont sans doute à rapprocher des profondes modifications qui surviennent au cours de la grossesse des femmes épileptiques dont les crises peuvent parfois être complètement supprimées pendant toute la gestation.

(2) Séance du 14 mars 1921.

(3) R. Chudeau, *L'hydrographie ancienne du Sahara* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 459).

abondante et variée la faune aquatique qui peuplait tous ces cours d'eau. En réalité, ainsi que je l'ai montré [1], certains vestiges en subsistent encore aujourd'hui; des Reptiles comme les Crocodiles, des Batraciens, plusieurs espèces de Poissons, ont réussi à se maintenir en quelques points d'eau tant du Sahara central, qu'occidental ou oriental. Pour les Mollusques fluviatiles, L. Germain a fait des observations analogues.

Bien plus nombreux encore sont les restes subfossiles, fragments osseux de Poissons ou coquilles de Mollusques aquatiques, qu'on rencontre en des localités fort diverses du Sahara et qu'on peut rapporter à des formes vivant encore actuellement dans les lacs ou rivières du Sud et de l'Est : Sénégal, Niger, Tchad ou Nil.

L'année dernière j'étudiais ici-même [2] des ossements de Poissons recueillis au Sahara oriental par la mission dirigée par le lieutenant-colonel Tilho, dans la région aujourd'hui complètement desséchée désignée par lui sous le nom de *Pays-Bas du Tchad* et je montrais que la présence de grands Poissons comme les *Lates* ou Perches du Nil et de divers Siluridés ne s'expliquait que par l'existence récente en ces lieux de vastes lacs d'eau douce. Des constatations analogues, comme on va le voir, peuvent être faites aussi dans le Sahara méridional.

On trouve assez souvent dans les terrains bordant les rives du Niger des otolithes de Poissons. Ces « pierres de l'oreille » dont l'aspect extérieur rappelle grossièrement une coquille de Brachiopode sont de dimensions notables, certaines mesurant parfois 22^{mm} sur 25^{mm} et appartiennent certainement à des espèces de grande taille vivant dans le fleuve. E. Priem, qui a étudié et figuré deux de ces otolithes recueillis aux environs de Tombouctou par R. Chudeau et communiqué par M. Douvillé, les rapporte à un Siluridé comme l'indiquent, écrit-il [3], « les stries concentriques, les stries rayonnantes de la face externe et le sulcus à peine indiqué par une légère dépression sur la face interne ». Cette assimilation est exacte, mais il me paraît possible d'arriver à une détermination encore beaucoup plus précise. Si l'on envisage, en effet, les Poissons de la famille habitant aujourd'hui le Niger, la forme des otolithes permet d'éliminer les espèces du groupe des *Clarias* et des *Synodontis* et de les attribuer, sans crainte d'erreur, à des Siluridés de la section des Bagrinés. Or, dans celle-ci, seuls les genres *Bagrus*, *Clarotes*, *Auchenoglaris* et *Arius* renferment des espèces atteignant 1^{m} ou presque. C'est probablement à ce dernier

---

(1) J. Pellegrin, *Les Vertébrés aquatiques du Sahara* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 972) et *Sur la faune ichthyologique du Sahara oriental* (*Op. cit.*, t. 168, 1919, p. 961).

(2) J. Pellegrin, *Sur des ossements subfossiles de Poissons des Pays-Bas du Tchad et leur signification* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 206).

(3) Priem, *Sur des Poissons fossiles et en particulier des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique* (*Mém. Soc. géol. Fr. : Paléont.*, t. 21, 3e série, 1914, Mém. 49, p. 13, fig. 1 et 2).

genre [1] dont une espèce, *Arius gigas* Boulenger qui remonte le Haut-Niger, mesure jusqu'à $1^{m},15$ de longueur, qu'il y a lieu de rapporter ces échantillons.

Cette assimilation une fois bien établie, on comprend l'intérêt qui peut s'attacher à la découverte d'otolithes semblables en des points du Sahara méridional fort éloignés du Niger actuel. Or, le fait n'est pas rare, ainsi qu'a bien voulu me le signaler R. Chudeau qui a rencontré des otolithes un peu à l'ouest de Bou Djebeha dans l'Azaouad à 200^{km} au nord-nord-est de Tombouctou.

J'ai pu examiner également d'autres échantillons du laboratoire de Géologie du Muséum récoltés en plein Sahara, dans la région de Kidal (Adrar des Iforas) [2], à 500^{km} environ à l'est de Tombouctou, par M. Huchery, adjoint des affaires indigènes. Nul doute que de pareils otolithes ou des ossements de Poissons ne soient signalés dans un grand nombre d'autres localités sahariennes.

La présence d'otolithes subfossiles de grands Siluridés d'espèces actuelles, en divers points aujourd'hui plus ou moins arides et desséchés du Sahara méridional, vient confirmer l'hypothèse de l'existence en ces régions de grands cours d'eau, seuls capables d'héberger des Poissons de dimensions considérables. Incontestablement en ces lieux existaient à une époque peu reculée de vastes affluents du Niger dont le cours d'ailleurs devait être assez différent de ce qu'il est aujourd'hui.

ZOOLOGIE. — *Sur les réactions chimiotactiques du flagellé « Chilomonas ».* Note de M. E. Fernandez Galiano, présentée par M. Edmond Perrier.

Garrey [3] étudia l'influence des acides sur les *Chilomonas* en déposant quelques gouttes du liquide de culture contenant les protozoaires sous une lamelle, au bord de laquelle il plaçait le bout ouvert d'un tube capillaire contenant l'acide à essayer. Garrey constata que, à l'exception de certains acides organiques vis-à-vis desquels les *Chilomonas* se montraient inconstants, ces protozoaires se rassemblaient en formant un anneau autour de la

(1) Les *Arius* sont des grands Siluridés répandus dans les régions tropicales de l'Ancien et du Nouveau Continent; ils vivent tantôt dans les eaux marines le long des côtes et dans les estuaires, tantôt dans les eaux douces.

(2) Au sujet de l'emplacement de ces localités, cf. R. Chudeau, *Excursion géologique au nord et à l'est de Tombouctou* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 15, 1915, p. 110, fig. 10).

(3) Garrey, *The effect of ions upon the aggregation of flagellated Infusoria* (*Amer. Journ. of Physiol.*, vol. 3, 1900).

goutte acide. Cet anneau fut obtenu par Garrey avec toutes les solutions aqueuses d'acide quelle que fût leur concentration : les *Chilomonas* ne pénétraient jamais dans la goutte acide.

Les expériences de Garrey ont été reprises par Jennings et Moore [1], qui ont observé à leur tour que si la solution était relativement concentrée (à $\frac{1}{50}$ pour 100, par exemple) les *Chilomonas* se disposaient en anneau autour de la goutte acide; mais, par contre, si la solution était très étendue ($\frac{1}{100}$ pour 100, par exemple), ils se rassemblaient dans l'intérieur de la goutte; ils montraient donc un tactisme positif vis-à-vis de la faible solution acide. Étant donné que lesdits auteurs ont obtenu les mêmes résultats avec toute espèce d'acides (sauf, naturellement, que la concentration nécessaire pour provoquer le tactisme positif n'était pas la même pour tous les acides), ils sont arrivés à cette conclusion que les *Chilomonas* montrent un tactisme positif vis-à-vis des acides faibles. Ce fait que Garrey aurait obtenu des résultats différents a été expliqué par Jennings et Moore en supposant que ledit expérimentateur avait négligé d'éliminer l'acide carbonique provenant de la respiration des protozoaires avant d'introduire la goutte acide et, par conséquent, les réactions observées par Garrey seraient le résultat de la différence entre l'action sur les flagellés de l'acide essayé et celle de l'acide carbonique dissous dans le milieu de culture.

Afin de constater si la différence des résultats obtenus par les auteurs cités était due, en effet, à la présence ou à l'absence de l'acide carbonique dans le milieu de culture, j'ai exécuté deux séries d'expériences [2]. Pour la première, j'ai fait pénétrer l'acide à essayer dans la préparation, sans enlever au préalable l'acide carbonique; pour la deuxième, avant chaque expérience, j'ai employé la méthode conseillée par Jennings et Moore pour l'élimination de l'acide carbonique qui consiste à insuffler de l'air à plusieurs reprises à l'aide d'une pipette dans quelques gouttes du liquide de culture contenant les protozoaires qu'on veut observer. Une fois que la goutte de l'acide à essayer a été introduite, la pipette a été tout de suite retirée. Les acides essayés sont le chlorhydrique, l'azotique et le sulfurique

---

(1) Jennings et Moore, *Studies on reactions to stimuli in unicellular organisms. VIII. On the reactions of Infusoria to carbonic and other acids, with special reference to the causes of the gatherings spontaneously formed* (*Amer. Journ. of Physiol.*, vol. 6, 1902).

(2) Fernandez Galiano, *Contribución al estudio de las reacciones quimotácticas del flagelado* Chilomonas (*Bol. de la R. Soc. españ. de Hist. Nat.*, t. 20, 1920).

étendus dans de l'eau distillée à plusieurs degrés de concentration (entre 1 pour 100 et 1 pour 20000).

Les résultats fournis par notre première série d'expériences sont d'accord avec ceux obtenus par Garrey, c'est-à-dire que toujours les *Chilomonas* se rassemblent en anneau autour de la goutte acide. Par contre, les résultats fournis par la deuxième série d'expériences sont d'accord avec ceux obtenus par Jennings et Moore, puisque les flagellés forment un anneau autour de la goutte d'une solution acide relativement concentrée (acide chlorhydrique à 1 pour 1000, par exemple), tandis qu'ils se rassemblent dans l'intérieur de la goutte si la solution devient très étendue (acide chlorhydrique à 1 pour 5000, par exemple). Il en résulte, d'accord avec les conclusions de Jennings et Moore, que les réactions observées par Garrey sont dues à l'interférence de l'influence de l'acide essayé avec celle de l'acide carbonique contenu dans la préparation, ce qui doit toujours arriver puisque les *Chilomonas* demeurant dans les cultures ordinaires montrent un tactisme positif vis-à-vis de l'acide carbonique, aussi bien qu'il a été démontré par lesdits auteurs.

J'ai pareillement constaté que les *Chilomonas* se rassemblent dans de l'eau distillée, contrairement à ce que Jennings et Moore [1] avaient observé, savoir que lesdits flagellés se conduisent d'une façon tout à fait neutre vis-à-vis de l'eau pure. En effet, si l'on fait couler de l'eau distillée de la pipette pendant une demi-minute à peu près, on voit que les *Chilomonas* reculent au contact de la surface de la goutte; mais au fur et à mesure que le mélange s'opère entre le liquide de la préparation et l'eau de la pipette, les flagellés envahissent doucement la goutte d'eau jusqu'à ce qu'ils l'occupent totalement pour s'y agglomérer. Par contre, si la pipette est rapidement retirée de façon à n'en faire sortir qu'une faible quantité d'eau, la réaction devient tellement effacée qu'elle peut faire croire que les *Chilomonas* se comportent d'une façon neutre vis-à-vis dudit liquide.

J'ai aussi observé, quand il s'agit d'introduire une assez grande quantité d'acide *très étendu* dans le milieu où les protozoaires demeurent, ce qu'on peut réussir en laissant la pointe de la pipette assez longtemps sous la lamelle, que les *Chilomonas* montrent d'abord une réaction négative vis-à-vis du liquide introduit (c'est-à-dire ils reculent au contact de la surface de la goutte introduite), et au fur et à mesure que l'acide se mêle avec le milieu de cul-

---

(1) JENNINGS et MOORE, *loc. cit.*

ture de la préparation, ils reculent sur des points de plus en plus rapprochés du centre de la goutte jusqu'à ce qu'ils l'occupent entièrement. Les *Chilomonas* montrant en même temps un tactisme négatif vis-à-vis du milieu de culture, on arrive à ce résultat final qu'ils se rassemblent dans la goutte acide.

Nous arrivons au même résultat lorsque l'acide est étendu à 1 pour 3000, par exemple lorsque sa dilution devient plus grande (à 1 pour 5000, à 1 pour 10000, à 1 pour 20000, etc.), sans qu'on n'aperçoive d'autre différence que plus l'acide est étendu, plus l'envahissement de la goutte devient rapide.

Résumé : aussi bien si la pipette contient de l'acide très étendu que si elle renferme de l'eau distillée, *pourvu que dans les deux cas on fasse couler le liquide de la pipette pendant un temps assez long* (une demi-minute, par exemple), on peut observer que la réaction se développe en présentant les trois étapes suivantes [1] : 1° phase de recul des protozoaires au contact du liquide de la pipette; 2° rassemblement des animaux sous la forme d'un anneau autour de la goutte introduite; 3° accumulation des flagellés dans l'intérieur de celle-ci. Dans le cas où la pipette contient de l'acide très étendu et si on la laisse très peu de temps sous la lamelle de façon à n'en faire couler qu'une faible quantité, les deux premières phases se passent rapidement, ce qui nous permet d'expliquer ce fait que Jennings et Moore n'aient pas observé que la phase finale, c'est-à-dire l'accumulation des *Chilomonas* dans la goutte introduite. Il en résulte que les *Chilomonas* demeurant dans leur milieu de culture ordinaire, ne montrent un tactisme positif ni pour l'eau distillée ni pour les acides étendus, mais pour le mélange de l'eau ou de la solution acide faible avec le milieu de culture.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La défense des animaux groupés vis-à-vis des agents nocifs.* Note de Mme **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. Henneguy.

Dans deux Notes précédentes [2], au sujet de l'action nocive de l'argent colloïdal ou de l'eau douce sur les *Convoluta*, et de l'action de l'argent colloïdal sur les Infusoires, nous avons montré l'importance du nombre des animaux traités sur les résultats de l'expérience. En effet, toutes choses

---

(1) Fernandez Galiano, *loc. cit.*

(2) A. Drzewina et G. Bohn, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1023, et t. 172, 1921, p. 485.

égales d'ailleurs, les individus isolés sont infiniment moins résistants que les individus groupés. Nous avons cherché à voir si cette conclusion s'applique à d'autres groupes d'animaux, et à serrer de plus près le problème. Les larves de *Rana fusca* se sont montrées à cet égard un matériel de choix.

Nous avons fait de nombreuses expériences en série, sur plusieurs pontes, et sur des stades de plus en plus âgés, depuis des embryons à l'éclosion (6^{mm} à 7^{mm}) jusqu'à des têtards de 20^{mm} environ (température : 17° à 18°). Il est à remarquer dès l'abord que la sensibilité à l'argent colloïdal décroît rapidement avec l'âge, de sorte que, suivant les stades, il faut employer des solutions faibles, 1 à 2 gouttes d'argent colloïdal pour 25^{cm^3} d'eau, ou plus fortes : 5 gouttes.

Une expérience typique, et qui réussit infailliblement, est la suivante. On a une série de petits cristallisoirs contenant, pour 25^{cm^3} d'eau, 1 goutte de collargol; dans l'un on place une cinquantaine d'embryons de *Rana*, de 7 à 8^{mm}; dans les autres, on n'en place que deux par cristallisoir. Déjà au bout de 15 minutes, on reconnaît que les individus isolés par deux sont attaqués beaucoup plus brutalement que les groupés. Au microscope, on voit des cellules se détacher en grand nombre de la peau qui apparaît comme rongée ou bien hérissée de cellules qui y adhèrent encore; les individus groupés ne présentent rien de comparable à ce semis énorme. Le contraste ne fait que s'accentuer : après 3 à 4 heures, les isolés sont inertes, après 6 heures, ils sont décomposés; au contraire, les individus groupés restent en vie, et le lendemain, toujours dans la solution, ils réagissent et nagent. Avec des individus plus âgés, et des doses plus fortes, l'issue est la même : de façon constante, sur les 50 groupés, tous survivent; sur les 50 isolés, tous succombent.

On ne peut pas attribuer ce résultat à ce que l'épuisement du colloïde serait plus grand dans un cas que dans l'autre. Nous avons dit que le contraste est frappant dès le début; mais il y a mieux. Nous décantons la solution où depuis 24 heures séjournent une cinquantaine d'embryons, et dont la teinte révèle la présence du colloïde; nous y ajoutons le même nombre de gouttes que la veille, 1 par exemple, et nous y plaçons deux embryons neufs du même âge. Ceux-ci survivent, alors que des individus témoins, placés dans une solution neuve à 1 goutte de collargol, succombent, comme c'est la règle pour les isolés. Il semble ainsi que, attaquées par le colloïde, les larves émettent, *rapidement*, une substance (ou des substances) qui a pour effet de les protéger. Quand les individus sont groupés, la défense est efficace; quand ils sont isolés, ils sont détruits, car le taux de la substance émise n'est pas suffisant pour arrêter à temps l'attaque. Cependant, petit à petit, il s'en accumule assez pour préserver, dans une certaine mesure, deux individus neufs qu'on introduirait, 24 heures après, dans la solution décantée,

même si elle est renforcée par l'adjonction d'un certain nombre de gouttes de colloïde.

Nous nous sommes demandé si l'eau où séjournent de nombreuses larves de *Rana*, ou bien l'eau des pontes, ne renfermerait pas une substance excrétée et qui protégerait contre l'action du collargol. En effet, des solutions faites avec ces eaux sont moins nocives que celles faites avec l'eau du robinet, mais sont loin de protéger aussi efficacement que les solutions de collargol où déjà a eu lieu une attaque. En établissant une série de solutions dans ces diverses conditions : solutions au collargol où avaient séjourné des individus groupés, ou des individus isolés, solutions faites avec l'eau des pontes, avec de l'eau fraîche, etc., on obtient une gradation remarquable des effets, et l'on peut prédire ceux-ci à l'avance.

Voici encore une expérience qui vient à l'appui de l'hypothèse de substances protectrices. Nous l'avons faite sur des têtards operculisés de 15^{mm} à 20^{mm} qui, comme nous l'avions déjà constaté l'an dernier, sont peu sensibles au collargol. Deux têtards placés dans un petit cristallisoir de 4^{cm} de diamètre, contenant 25^{cm^3} d'eau additionnée de 5 gouttes de collargol, vivent pour ainsi dire indéfiniment. Mais si on les place dans un cristallisoir de 10^{cm} de diamètre, avec 10 fois plus d'eau, le taux de la solution restant le même, ils meurent en moins de 24 heures, comme si la substance hypothétique, diluée dans une grande masse d'eau, ne constituait plus une protection convenable.

De toutes façons, il est important de noter que le volume du liquide ait ici une si grande influence sur son « pouvoir toxique ».

Nous cherchons à préciser la nature des substances protectrices, et à voir en particulier si elles sont spécifiques. Dès maintenant, les faits que nous apportons nous paraissent présenter un réel intérêt, tant pour la physiologie que pour la biologie générale. Ils sont susceptibles, par exemple, d'expliquer les groupements si curieux de certains organismes, les *Convoluta* entre autres, sur des espaces restreints.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le mode de développement des tumeurs dites* mixtes *et des cylindromes de la région de la face.* Note [1] de MM. ALEZAIS et PEYRON, présentée par M. Quénu.

L'histogenèse des tumeurs parabuccales chez l'homme montre entre les épithéliums et les éléments de la série conjonctive, une continuité qui,

(1) Séance du 14 mars 1921.

après avoir été longtemps méconnue, a ensuite servi de base à la théorie de l'origine endothéliale de ces tumeurs. Cette dernière a été elle-même démontrée inexacte par les recherches de Krompecher et par les nôtres [1], qui ont mis en évidence l'évolution connective des épithéliums. Le Mémoire apporté par l'un de nous en collaboration avec P. Masson [2] a exposé les caractères régionaux de cette histogenèse et en particulier ses analogies avec celles des ébauches adamantines et des adamantinomes. Les recherches poursuivies depuis lors nous permettent aujourd'hui de rattacher ces particularités, en apparence spéciales, aux processus généraux de l'évolution des épithéliums réticulés et en particulier du tissu notochordal. Notre étude synthétique est basée sur l'examen de 60 tumeurs dont 10 présentent le type du cylindrome. Les épithéliomes pavimenteux purs, improprement désignés sous le terme de *branchiomes*, ne sont pas compris dans ce nombre.

Dans la plupart des tumeurs mixtes, l'étude de la topographie histologique montre l'effilochage caractéristique des amas épithéliaux en un réseau d'éléments étoilés que nous avons décrit avec P. Masson. Mais l'évolution de cette lignée épithéliale, de même que celle des tissus chordal et adamantin, ne peut être interprétée de façon satisfaisante que par une étude spéciale des exoplasmes; celle-ci en dehors des colorants habituels, du tissu conjonctif, peut être faite à l'aide de la thionine du Giemsa et de l'éosine-orange-toluidine de Dominici. Ces dernières méthodes révèlent au niveau des éléments épithéliaux de type malpighien souvent très net, un liséré exoplasmique ou intercellulaire dont l'élargissement, lié à celui des vacuoles, constitue par places des flaques irrégulières. Ces dernières s'incorporent ensuite et progressivement à des travées de substance amorphe ou fibrillaire dont la nature collagène n'est pas douteuse. Les éléments cellulaires ainsi isolés présentent une série de modifications consécutives confirmant le rôle biologique actif de l'épithélium dans cette évolution qui conduit finalement à des éléments étoilés ou cartilagineux.

Dans les corps cellulaires isolés ou en syncytium apparaissent des vacuoles dont la confluence détermine la séparation d'un exoplasme et d'un endoplasme. Le premier est destiné soit à s'incorporer dans la substance fondamentale, soit à persister comme capsule cartilagineuse; le second constitue le corps cellulaire définitif. Ainsi se constituent en particulier des éléments cartilagineux étoilés rappelant ceux du cartilage céphalique des mollusques céphalopodes.

Un processus de même ordre conduit à la disposition caractéristique du cylindrome, mais ici la genèse des substances amorphes aux dépens des exoplasmes s'effectue simultanément à la périphérie et à l'intérieur de masses épithéliales à l'état

(1) Alezais et Peyron, *Développement d'éléments connectifs aux dépens d'éléments épithéliaux dans les tumeurs de la face* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1909).

(2) Masson et Peyron, *Spécificité cellulaire et tumeur mixte* (*Association française pour l'étude du cancer*, avril 1914).

statique. Au lieu d'observer l'effilochage caractéristique de la tumeur mixte, on trouve d'une part des gaines périphériques et de l'autre des formations intra-épithéliales (corps oviformes de Malassez). L'opinion de Malassez, qui les considérait comme un tissu muqueux envahissant à extension centripète par rapport aux amas épithéliaux, est inexacte. Nous avons pu nous assurer que ce processus est identique à celui de la genèse des gaines de la notochorde aux dépens de son épithélium périphérique. Les corps oviformes primitivement indépendants du stroma résultent de la fusion d'abord irrégulière de lisérés exoplasmiques voisins en un reticulum constitué par des fibrilles radiaires en continuité avec l'exoplasme originel. Ultérieurement ce reticulum différencie une partie centrale dont les travées sont généralement perpendiculaires aux précédentes et de nature collagène. L'axe conjonctif ainsi configuré entre secondairement en connexion avec le stroma préexistant qui lui sert de support.

Le rapprochement que nous venons d'établir entre la tumeur mixte et le cylindrome est corroboré par ce fait que les deux dispositions peuvent coexister. Il est également confirmé par la présence dans certains cylindromes d'épithéliums étoilés de type adamantin, analogues à ceux de certaines tumeurs mixtes, et particulièrement favorables pour suivre l'évolution des exoplasmes. Ces notions d'histogenèse laissent de côté la question de l'origine adulte ou embryonnaire de ces tumeurs que nous ne voulons pas envisager ici. Elles sont à rapprocher des faits apportés dans le cancer expérimental par l'étude de la stroma-réaction qui est peu favorable à l'hypothèse d'un rôle actif du tissu conjonctif dans l'évolution des tumeurs épithéliales.

La séance est levée à 16 heures et demie.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 7 mars 1921.)

Note de *Lucien Daniel*, A propos des greffes de Soleil sur Topinambour :

Page 612, ligne 22, *au lieu de* qui le rappelle, *lire* qui les appelle.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de janvier 1921.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco. Fascicule LVII : *Larves d'Actiniaires*, par Ch. Gravier; fascicule LVIII : *Études d'Anatomie comparée sur les Poissons*, par Joseph Nusbaum-Hilarowicz. Imprimerie de Monaco, 1920; 2 vol. 42cm. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

Note sur la purification et l'amélioration des cotons égyptiens, par M. Victor-M. Mosséri. Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'Archéologie orientale, 1920; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. H. Lecomte.)

L'industrie chimique française pendant la guerre, par A. Haller. Extrait du *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, novembre-décembre 1920. Paris, 1920; 1 fasc. 27cm.

Flore complète illustrée en couleurs de France (*Alsace et Lorraine comprises*), *Suisse et Belgique*, par Gaston Bonnier. Fascicules 31 à 40. Paris, E. Orlhac; 10 fasc. 32cm,5.

Énergétique générale, par Félix Michaud. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Bouty.)

Notice sur les titres et travaux scientifiques de Paul Lévy. Paris, 1920. (Présentée par M. J. Hadamard.)

Nova Caledonia. Recherches scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalty : Botanique, par Hans Schinz et A. Guillaumin; vol. I, fasc. 1. Berlin, Wiesbaden, C. W. Kreidel, 1920; 1 fasc. 28cm,5. (Présenté par le Prince Bonaparte.)

Contribution à l'étude des relations existant entre les circulations atmosphériques, l'électricité atmosphérique et le magnétisme terrestre, par Alfred Vialay. Paris, Dunod, 1920; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. G. Lemoine.)

Éléments d'Électrotechnique générale, par E. Barré. Paris, Étienne Chiron, 1921. 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Blondel.)

(*A suivre.*)